

# **Stoffen, ihren Eigenschaften und Veränderungen auf der Spur**

**- eine neue alltags- und schülerorientierte Konzeption zur  
Vermittlung physikalisch-chemischer Inhalte im  
Sachunterricht der Jahrgangsstufen 3 und 4**

Dissertation  
zur  
Erlangung des akademischen Grades  
doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)  
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Rostock

vorgelegt von  
Babette Freiheit, geb. am 21.02.1972 in Rostock  
aus Rostock

Rostock, 12.12.2008

Gutachter: Prof. Dr. Alfred Flint, Universität Rostock, Institut für Chemie

Prof. Dr. Reinhard Demuth, Leibniz-Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN)

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Alfred Flint und Frau Dr. Gabi Lange für die äußerst konstruktive und motivierende Begleitung meiner Arbeit.

Meiner Freundin Sabine Haeske danke ich ganz herzlich für das Korrekturlesen.

Weiterhin danke ich meiner Familie und meinen Freunden für ihre Unterstützung.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Maßnahmen zur Förderung einer frühzeitigen naturwissenschaftlichen Bildung</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Ziel der Arbeit</b>	<b>9</b>
3.1.	Inhaltliche Konzeption eines Unterrichtsganges für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht	9
3.2.	Didaktisch-methodische Umsetzung der inhaltlichen Konzeption	14
3.3.	Unterrichtserprobung	16
<b>4.</b>	<b>Darstellung des Unterrichtsganges</b>	<b>17</b>
4.1.	Kurzübersicht zum Inhalt der Unterrichtseinheiten	17
4.2.	Übersicht zur Verknüpfung einzelner Lerninhalte innerhalb des Unterrichtsganges	19
4.3.	Berücksichtigung von Basiskonzepten und Kompetenzbereichen innerhalb des Unterrichtsganges	30
4.4.	Entwicklung einer anschlussfähigen Wissensbasis innerhalb des Unterrichtsganges	34
<b>5.</b>	<b>Beschreibung der Unterrichtseinheiten</b>	
5.1.	Beschreibung der UE 1 „Forschen und Beobachten“	36
5.1.1.	Lerninhalte/ Lernziele	36
5.1.2.	Didaktische und methodische Aspekte	37
5.1.3.	Möglicher Unterrichtsverlauf	41
5.2.	Beschreibung der UE 2 „Körper und Stoffe“	54
5.2.1.	Lerninhalte/ Lernziele	54
5.2.2.	Didaktische und methodische Aspekte	55
5.2.3.	Möglicher Unterrichtsverlauf	70
5.3.	Beschreibung der UE 3 „Luft begreifen“	93
5.3.1.	Lerninhalte/ Lernziele	93
5.3.2.	Didaktische und methodische Aspekte	94
5.3.3.	Möglicher Unterrichtsverlauf	100
5.4.	Beschreibung der UE 4 „Kohlendioxid“	120
5.4.1.	Lerninhalte/ Lernziele	120
5.4.2.	Didaktische und methodische Aspekte	121
5.4.3.	Möglicher Unterrichtsverlauf	124
5.5.	Beschreibung der UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“	144
5.5.1.	Lerninhalte/ Lernziele	144
5.5.2.	Didaktische und methodische Aspekte	145
5.5.3.	Möglicher Unterrichtsverlauf	154

5.6.	Beschreibung der UE 6 „Wasser als Lösungsmittel (Abwasserreinigung)“ .....	186
5.6.1.	Lerninhalte/ Lernziele .....	186
5.6.2.	Didaktische und methodische Aspekte .....	187
5.6.3.	Möglicher Unterrichtsverlauf .....	193
5.7.	Beschreibung der UE 7 „Stoffumwandlung“ .....	203
5.7.1.	Lerninhalte/ Lernziele .....	203
5.7.2.	Didaktische und methodische Aspekte .....	204
5.7.3.	Möglicher Unterrichtsverlauf .....	214
5.8.	Beschreibung der UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“ .....	226
5.8.1.	Lerninhalte/ Lernziele .....	226
5.8.2.	Didaktische und methodische Aspekte .....	228
5.8.3.	Möglicher Unterrichtsverlauf .....	239
6.	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	276
7.	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	278
7.1.	Analysierte Lehrpläne .....	278
7.2.	Sekundärliteratur .....	279

## **Anhang**

- I. Schülerarbeitsblätter (S. 1 - 71)
- II. Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern (S. 1 - 13)
- III. Anschauungsmittel (S. 1 - 36)
- IV. Schülerbefragungen in der Unterrichtserprobung (S. 1 - 3)

# 1. Einleitung

Die Ergebnisse der IGLU-Studie im Jahr 2003 zeigen, dass die Qualifizierung der Grundschularbeit bildungspolitisch eine zentrale Aufgabe darstellt. Im deutschen Schulsystem fördert die Grundschule als einzige Einrichtung alle Schüler<sup>1</sup> unabhängig von sozialer Herkunft und Vorleistungen. Das im Laufe der Grundschulzeit erreichte Leistungsniveau von Schülern beeinflusst entscheidend deren weitere Bildungskarriere. Schlussfolgernd aus den PISA-Befunden, können Defizite aus der Primarstufe in der Sekundarstufe I offensichtlich nicht mehr kompensiert werden. Es ist sogar davon auszugehen, „dass sich die auf der Ebene der Grundschule nicht befriedigend gelösten Probleme auf der Ebene der Sekundarstufe I weiter verschärfen“ [BOS et al. 2003b]. Damit kommt der Forderung nach dem Aufbau eines anschlussfähigen Wissens in der Grundschule, an das der Sekundarstufenunterricht anknüpfen kann, besondere Bedeutung zu.

Auch STERN (2003a) führt das schlechte Abschneiden deutscher Mittel- und Oberstufenschüler in den internationalen Studien TIMS und PISA u.a. auf ein unzureichendes Vorwissen zurück. Bei fehlenden Wissensgrundlagen können Schüler selbst einen gut gestalteten Sekundarstufenunterricht nicht nutzen. Der Unterrichtsstoff wird dann häufig auswendig gelernt. Da sich dieses neue Wissen jedoch nicht vernetzen lässt, kann es von Schülern nicht auf neue Anforderungen angewendet werden. Aus diesem Grund ist es wichtig, bereits in der Vor- und Grundschulzeit eine anschlussfähige Wissensbasis aufzubauen [STERN 2003a, S. 20 f.]. STERN plädiert auch deshalb für eine frühzeitig einsetzende und anspruchsvolle Bildung, da der Aufbau von Wissensgrundlagen Zeit benötigt: „weil eben intelligentes Wissen nicht einfach aufgesogen werden kann, sondern in einem mühsamen Prozess der inneren Umstrukturierung entsteht“ [STERN 2003a, S. 16].

Da die Bildungsprozesse im derzeitigen Physik- und Chemieunterricht nach wie vor nicht zufriedenstellend verlaufen, muss auch die Qualität des gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Sachunterrichts kritisch hinterfragt werden.

Im Fach Sachunterricht der Grundschule werden vielfältige Themen zusammengeführt, die unterschiedlichen Gebieten, wie den Sozialwissenschaften, der Gesundheitserziehung, der Verkehrserziehung, der Geschichte oder den Naturwissenschaften zugeordnet werden können. Untersuchungen zeigen jedoch, dass naturwissenschaftliche Inhalte im Sachunterricht meist eine untergeordnete Rolle spielen. Insbesondere Themen zu physikalischen und chemischen Phänomenen sind stark unterrepräsentiert.

In den letzten Jahrzehnten unterlag der Sachunterricht deutlichen qualitativen Veränderungen. Lehrplan- und Lehrwerkanalysen von z.B. LÜCK, DEMUTH, STRUNK (1973 - 1997) und BLASEIO (1970 – 2000) weisen darauf hin, dass seit Mitte der 70er Jahre ein klarer Rückgang in Bezug auf physikalische und chemische Themen zu verzeichnen ist. Dagegen behalten biologische Inhalte im Verlauf der Historie des Sachunterrichts eine wichtige curriculare Bedeutung und gehören zu den inhaltlichen Grundpfeilern des sachbezogenen Unterrichts in der Grundschule [BLASEIO 2004, S. 324].

„Anstelle von *Sach*-Themen sind zunehmend Problemstellungen aus dem sozialwissenschaftlichen Bereich getreten; Unterrichtseinheiten wie ‚Wir feiern ein Schulfest‘ oder ‚Wir laden eine andere Klasse zum gemeinsamen Frühstück ein‘ gehören heute zum Sachunterricht, was vor 20 Jahren noch undenkbar war“ [LÜCK & DEMUTH 1998, S. 72; HE 1995].

<sup>1</sup> In der vorliegenden Arbeit ist vereinfacht von Schülern und Lehrern die Rede, wobei damit stets Schülerinnen und Schüler bzw. Lehrerinnen und Lehrer gemeint sind.

BLASEIO führt den plötzlichen Rückgang physikalisch-chemischer Inhalte auf die im Verlauf der 70er Jahre einsetzende Ablehnung eines streng wissenschaftlich orientierten Ansatzes zurück und auf die ab den 80er Jahren verstärkte Forderung nach Kindorientierung. Durch die zunehmend in den Vordergrund gerückte Orientierung an den Grundschulkindern wurden verstärkt fächerübergreifende Inhalte in den Sachunterricht aufgenommen. Damit erfolgte eine „Aufweichung der Zielsetzungen des Faches“ [BLASEIO 2004, S. 319].

In den 90er Jahren war der Anteil von physikalischen und chemischen Themen in Lehrplänen und Schulbüchern des Sachunterrichts mittlerweile so gering, dass keine propädeutische Funktion für den Sekundarstufenunterricht mehr wahrgenommen werden konnte [BLASEIO 2004, S. 166].

Neben der quantitativen Reduktion naturwissenschaftlicher Themen veränderte sich auch die Art der Einbettung bzw. Darbietung von Lerninhalten für den Sachunterricht. In den 70er Jahren zeichneten sich die Lehrpläne durch einen systematischen Lehrgangsscharakter aus. Durch ein spiralartig angelegtes Curriculum sollte das Systematisieren und Ordnen kindlicher Erfahrung gefördert werden. Derzeitige Lehrpläne lassen eine systematische Abfolge von Lerninhalten vermissen. Stattdessen „ist eine ‚Situations- und Lustorientierung‘ ohne erkennbare Systematik zu beobachten, die getragen ist durch die anscheinend weit verbreitete Auffassung, der gegebene Themen- und Stoffkatalog könne zu beliebiger Zeit in den ersten vier Grundschuljahren unterrichtet werden – doch damit ist Lernen voraussetzungslos geworden“ [LÜCK & DEMUTH 1998, S. 72].

Auch BLASEIO beschreibt in ihrer Studie, dass im Sachunterricht der 80er Jahre, v.a. aber in den 90er Jahren, keine grundlegende Einführung hinsichtlich eines systematischen Aufbaus physikalisch-chemischer Inhalte mehr stattfand. Ausgewählte Inhalte können nunmehr ohne konkreten Bezug von Vorwissen thematisiert werden und stehen dabei vorwiegend zusammenhanglos nebeneinander [BLASEIO 2004, S. 166].

Diese Kritikpunkte besitzen in Bezug auf neu entwickelte Lehrpläne für den Sachunterricht nach wie vor Gültigkeit. Eine Erarbeitung neuer Pläne bzw. Curricula erfolgte u.a. im Zuge der durch die Kultusministerkonferenz (KMK) verabschiedeten Bildungsstandards. Die Einführung von bundesweit geltenden Bildungsstandards wurde 2003 von der KMK aufgrund der nicht zufriedenstellenden Ergebnisse der TIMS-, PISA- und IGLU-Studien beschlossen. Diese Standards legen fest, welche fachlichen, personalen, sozialen und methodischen Kompetenzen Schüler bis zu einer bestimmten Jahrgangsstufe erworben haben sollen. Sie dienen einer systematischen Schulentwicklung, von der Grundschule bis zum Fachunterricht der weiterführenden Schulen. Mit der Festlegung und Überprüfung der zu erwarteten Leistungen nach einem gemeinsam vereinbarten Maßstab soll die Bildungsqualität in den verschiedenen Bundesländern gleichermaßen entwickelt und gesichert werden.

Für den Primarbereich (Jahrgangsstufe 4) wurden 2004 Bildungsstandards für die Fächer Deutsch und Mathematik verabschiedet. Bildungsstandards in den Fächern Biologie, Chemie und Physik wurden zunächst nur für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) entwickelt.

Mit der Vereinbarung über Bildungsstandards verpflichten sich die Länder, diese umzusetzen und anzuwenden. Dabei ist die Kompatibilität der Lehrpläne mit den Bildungsstandards landesspezifisch zu prüfen. So wurden in jüngerer Zeit u.a. auch die Rahmenpläne für den Sachunterricht der Grundschule an die Bildungsstandards angepasst bzw. entsprechende Kerncurricula erarbeitet. Einige Pläne befinden sich gegenwärtig noch in der Entwicklung.

Während die Bildungsstandards allgemeine Bildungsziele aufgreifen und die bis zu einer bestimmten Jahrgangsstufe zu erreichende Zielebene formulieren, kommt den Lehrplänen die Aufgabe zu, einzelne Lerninhalte und –ziele detailliert und systematisch in ihrer Abfolge zu beschreiben. Lehrpläne sollen den Lehrkräften auch Hinweise für das methodisch-didaktische Vorgehen und für Lernerfolgskontrollen geben [KMK 2004].

Allerdings werden auch in den bereits aktualisierten Lehr- und Bildungsplänen bzw. Kerncurricula für die Grundschule die zu vermittelnden physikalisch-chemischen Lerninhalte nicht systematisch und häufig zu ungenau beschrieben.

Die Abkehr von einem wissenschaftsorientierten und systematisch angelegten Sachunterricht ist auch darauf zurückzuführen, dass dem Einsatz möglichst vielfältiger Unterrichtsmethoden eine zunehmende Bedeutung beigemessen wurde [STRUNK et al. 1998]. Eine Methodenvielfalt darf die Vermittlung von Inhalten jedoch nicht in den Hintergrund rücken. STERN äußert dazu mit Bezug auf KLIPPERTs Methodentraining: „Eigenständige Methodentrainings sind so sinnvoll wie Stricken üben ohne Wolle. Wer Lehrern weismacht, es komme nur auf die Methoden an, vermittelt ihnen eine Pseudosicherheit und lenkt sie ab von ihrem Kerngeschäft, nämlich der Vermittlung von Inhalten“ [STERN 2006, S. 1].

Die Ablehnung eines wissenschaftsorientierten Sachunterrichts ist eine Entwicklung, die im Widerspruch zu kognitionspsychologischen Erkenntnissen steht. So ist es nach den Auffassungen von beispielsweise AUSUBEL, NOVAK und HANESIAN (1980) in Bezug auf den Wissensaufbau sinnvoll, den Sachunterricht systematisch durch eine planmäßige Abfolge von Unterrichtsinhalten zu gestalten.

Außerdem weisen empirische Erhebungen zu Schülervorstellungen nachdrücklich darauf hin, dass bereits Grundschüler sich mit physikalisch-chemischen Naturphänomenen auseinandersetzen. Dabei entwickeln sie oft aus fachlicher Sicht falsche Alltagsvorstellungen, deren Verfestigung durch eine frühzeitige unterrichtliche Behandlung entgegengewirkt werden sollte [STRUNK et al. 1998].

Ein weiterer Grund für die Vernachlässigung physikalisch-chemischer Themen im Sachunterricht liegt in der mangelnden unterrichtlichen Einbeziehung solcher Inhalte durch die Lehrkräfte. Klassenbuchanalysen zeigen, dass sich in der Schulpraxis noch weniger mit Phänomenen der unbelebten Natur auseinandergesetzt wird, als in den Lehrplänen vorgegeben [STRUNK et al. 1998].

Aus Untersuchungen über Grundschullehrkräfte ist bekannt, dass die meisten von ihnen physikalisch-chemischen Themen abweisend gegenüber stehen. Vermutlich ist diese negative Einstellung u.a. den Erfahrungen in den Fächern Physik und Chemie während der eigenen Schulzeit verschuldet. Darüber hinaus schätzen Grundschullehrer ihre Kompetenz auf diesem Gebiet als eher gering ein und fühlen sich folglich gehemmt bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte [DRECHSLER et al. 1999].

Unter diesem Aspekt ist die Tendenz, dass neuere Lehrpläne für den Sachunterricht immer weniger ausführliche Anweisungen zu einzelnen Lerninhalten vorgeben, als kritisch zu bewerten.

Der unzureichenden Auseinandersetzung mit Themen der unbelebten Natur innerhalb des Sachunterrichts steht das nachweislich große Interesse von Grundschulern an naturwissenschaftlichen Phänomenen gegenüber. Dies zeigte sich u.a. in der IGLU-Studie im Jahr 2003: Die Motivation von Grundschulkindern, sich im Sachunterricht mit naturwissenschaftlichen Inhalten zu beschäftigen, ist durchgehend hoch und unabhängig von dem gezeigten Leistungsniveau [BOS et al. 2003a, S. 176 f.].

Auch die vielen Schülerfragen und –erklärungen aus der Unterrichtserprobung im Rahmen dieser Arbeit zeugen von einer großen Neugier. Zudem verdeutlichen sie die Tatsache, dass Grundschüler bereits vielfältige Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen mit in den Unterricht bringen:

- „Warum ist im Weltall keine Luft?“
- „Was passiert mit der Pfütze, wenn die Sonne scheint?“ / „Warum ist in den Wolken Wasser?“ / „Wie kommt der Regen in die Wolken?“ / „Wie entstehen Wolken?“ / „Wieso geht der Wasserdampf nach oben?“
- „Warum ist das Kohlendioxid eigentlich im Glas geblieben?“ / „Der Versuch geht doch auch mit Backpulver, oder?“ / „Können wir auch mal den Versuch machen, wo eine Kerze im Glas ist und dann kippt man Kohlendioxid mit einem anderen Glas drüber?“ / „Kohlendioxid ist das, was wir ausatmen, und wenn das Feuer den Sauerstoff verbrennt, kommt daraus Kohlendioxid.“
- „Warum brennt Metall nicht? Ich habe gehört, dass es bei 100 °C oder 1000 °C brennt.“
- „Kann man Benzin mit Wasser löschen?“ / „Warum brennt Benzin auf Wasser?“

- „Ich hab schon mal eine Mehlstaubexplosion im Fernsehen gesehen, mit Kaffee, Zucker und Mehl. Weil das so fein verteilt ist das Mehl, kommt Sauerstoff gut ran und dann explodiert das.“
- ...

Die vorliegende Arbeit stellt einen durchgängigen und erprobten Unterrichtsgang für die Vermittlung hauptsächlich physikalisch-chemischer Inhalte in den Klassenstufen 3 und 4 des Sachunterrichts vor. Damit soll Schülern ein schrittweise aufbauender und kontinuierlicher Wissenszuwachs im Zeitraum von 2 Schuljahren ermöglicht werden. Mit dem frühzeitigen und systematischen Zugang von Grundschülern zu Phänomenen der unbelebten Natur wird die Bereitstellung einer anschlussfähigen Wissensbasis für den Sekundarstufenunterricht angestrebt. Grundschullehrer sollen auf diesem Wege ermutigt werden, zunehmend physikalisch-chemische Inhalte schülergerecht und unter Einbeziehung von Alltagsvorstellungen im Sachunterricht zu vermitteln.



## 2. Maßnahmen zur Förderung einer frühzeitigen naturwissenschaftlichen Bildung

Als Reaktion auf die nicht zufriedenstellenden Ergebnisse der TIMS-, PISA- und IGLU-Studien sind in den letzten Jahren und in aktueller Zeit verstärkt Lern- und Fördermaßnahmen für Kinder im Vor- und Grundschulalter initiiert worden.

In diesem Kapitel werden einige wichtige Lehrwerke, Programme und Maßnahmen für die Förderung einer naturwissenschaftlichen Bildung, v.a. in Bezug auf physikalische und chemische Phänomene, im Vor- und Grundschulbereich aufgeführt.

Einen entscheidenden Beitrag für die Etablierung einer frühen Naturwissenschaftsbildung im Vorschulalter leistet LÜCKs „Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung – Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen“ [LÜCK 2003]. Mithilfe von Erkenntnissen aus der Entwicklungspsychologie und der Neurobiologie wird begründet, dass es - entgegen der häufigen (herkömmlichen) Auffassung - möglich und sinnvoll ist, schon jüngere Kinder an Naturphänomene heranzuführen. In einem ausführlichen theoretischen Teil des Buches werden u.a. wichtige Erkenntnisse zur Nachhaltigkeit (z.B. in Bezug auf die spätere Berufswahl) und zu motivationalen Aspekten einer frühzeitigen Naturwissenschaftsvermittlung dargelegt.

Neben den theoretischen Ausführungen werden eine Vielzahl von Experimenten und deren Deutungen vorgestellt, die in der Kindergartenpraxis erprobt worden sind. Dabei wird dem sinnlichen Erleben von Naturphänomenen ein besonderer Stellenwert eingeräumt. Das Experimentieren und das erste rudimentäre Deuten der Beobachtungen bereichern aber auch die sozialen und kognitiven Erfahrungen der Kinder. Damit werden wichtige Weichen für den sich anschließenden Grundschulunterricht gelegt.

Seit 1998/99 führt das Institut für Didaktik der Chemie der Universität Frankfurt in Zusammenarbeit mit dem Hessischen Institut für Lehrerfortbildung und Pädagogik ein Modellprojekt unter dem Aspekt sachunterrichtsbezogene Lehrerfortbildungen durch. Unter dem Motto „Stärkung durch Kompetenz“ sollen Grundschullehrer ermutigt und qualifiziert werden, chemisch-physikalische Themen verstärkt im Sachunterricht zu behandeln. Im Rahmen dieses Fortbildungskonzeptes werden unterrichtsrelevante Inhalte sowie didaktisch-methodische Möglichkeiten zur Vermittlung dieser Inhalte erarbeitet und diskutiert [UNI-FRANKFURT].

In einer entsprechenden Handreichung für Lehrer finden sich zahlreiche Experimente zu Lernfeldern in Anlehnung an die Rahmenpläne für den Sachunterricht, z.B.:

- Lernfeld Raum,
- Lernfeld Naturphänomene,
- Lernfeld Wasser,
- Lernfeld Öffentliches Leben,
- Lernfeld Zeit,
- Lernfeld Materialien und Materialeigenschaften,
- Lernfeld Körper, Gesundheitserziehung und Ernährung,
- Lernfeld Chemie und Lebensmittel [BADER et al. 1999, S. I ff.].

Innerhalb dieser Lernfelder werden verstärkt Experimente für die Vermittlung stoffkundlicher Themen vorgestellt wie beispielsweise Stoffe und Stoffeigenschaften, Lösen von Stoffen in Wasser, Grenzflächenaktivität von Spülmittel oder Eigenschaften von Säuren und Laugen. Neben ausführlichen Fachinformationen finden sich zu einigen Experimenten auch wichtige didaktisch-methodische Hinweise.

Im Jahr 2002 startete unter dem Titel CHEMOL (zusammengesetzt aus Chemie und Oldenburg) ein Programm, das Schüler der Klassenstufen 2 bis 6 an Chemie und Naturwissenschaften heranführen soll. Dazu wurden Experimente mit altersgerechten Arbeitsanleitungen entwickelt, die Schüler und Lehrer nach gemeinsamen Experimentierstunden in der Universität zur Vertiefung im Unterricht nutzen können [CHEMOL 2003]. Unterstützend finden sich auf den Arbeitsblättern für die Lehrer zusätzliche Erklärungen zur Durchführung und Auswertung der Experimente. Außerdem werden für jedes Experiment die wesentlichen Lerninhalte formuliert. Die Einteilung der Versuche erfolgt entsprechend der Grundelemente aus der Antike in die Themenbereiche Feuer, Erde, Wasser und Luft. Innerhalb dieser Themenkreise werden auch alltagsrelevante chemische Inhalte aufgegriffen, die sich in den derzeitigen Rahmenplänen für den Sachunterricht noch nicht wiederfinden. So lernen die Kinder z.B. in eindrucksvollen Versuchen mit Brausetabletten das Gas Kohlendioxid kennen. Sie erfahren, dass feste und flüssige Alltagsstoffe nach sauren, basischen bzw. neutralen Eigenschaften eingeteilt werden können und werden bereits an Phänomene stofflicher Veränderungen (Herstellung von Holzkohle, Rosten von Eisen) herangeführt. Sehr ausführlich ist auch die Thematik Feuer aufbereitet worden. Zahlreiche Experimente sollen den Schülern die Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer sowie die Wirkungsweise verschiedener Löschmethoden begreifbar machen. Darüber hinaus wird die Bedeutung des Zerteilungsgrades von Stoffen am Beispiel der Verbrennung von Eisen- und Zinkpulver thematisiert.

Mit dem 2007 erschienenen ersten Band „Wir experimentieren in der Grundschule – Einfache Versuche zum Verständnis physikalischer und chemischer Zusammenhänge“ [KAHLERT & DEMUTH 2007] erhalten Grundschullehrer ein sehr hilfreiches Lehrwerk, um im Sachunterricht Themengebiete aus Physik und Chemie zu behandeln.

Die Themengebiete

- Luft,
- Schwimmen und Sinken,
- Elektrizität,
- Magnetismus,
- Feuer und
- Schall

wurden entsprechend der inhaltlichen Vorgaben der Lehrpläne für den Sachunterricht ausgewählt. Der im Jahr 2008 erschienene zweite Band beinhaltet die Themenbereiche:

- Stoffe und Stoffeigenschaften,
- Energie,
- Licht und Sehen,
- Spiegel und
- Wetter.

Hervorzuheben ist, dass zu jedem Themengebiet neben Fachinformationen auch wichtige Hinweise zu möglichen Vorkenntnissen und Alltagsvorstellungen der Schüler gegeben werden. Entsprechende didaktisch-methodische Hinweise sollen Verständnisschwierigkeiten bei der Vermittlung der physikalischen und chemischen Inhalte vermeiden helfen. Damit einhergehend wird innerhalb eines jeden Themengebietes eine günstige unterrichtliche Abfolge bei der Behandlung der einzelnen Phänomene vorgeschlagen. Zentrale Versuche, die für ein Verständnis des jeweiligen Themas bedeutend sind, werden in Arbeitsanleitungen für Lehrer ausführlich beschrieben – zu einigen dieser Versuche wurden altersgerechte Schülerarbeitsblätter entwickelt.



Zusammenfassend sei festgestellt, dass die genannten Lehrwerke und Initiativen einen bedeutsamen Beitrag für eine frühzeitige und intensivere naturwissenschaftliche Bildung, v.a. in Bezug auf Phänomene der unbelebten Natur, vor dem Sekundarstufenunterricht leisten. Es werden zahlreiche alltags- und häufig auch lehrplanrelevante Themen mithilfe von praxistauglichen Experimenten altersgerecht aufgearbeitet.

Allerdings stellen die zuvor beschriebenen Werke für den Grundschulunterricht keinen systematischen Unterrichtsgang dar. In den Arbeitsmaterialien von CHEMOL wird betont, dass die Reihenfolge der Versuche in den Anleitungen nicht die Reihenfolge im Unterricht festlegt. Damit erhalten die Lehrer die Möglichkeit, einzelne Themen und Experimente entsprechend ihrer individuellen Unterrichtssituation einzubinden. In den Bänden von KAHLERT & DEMUTH wird zwar schon innerhalb der einzelnen Themengebiete auf eine aus didaktisch-methodischer Sicht sinnvolle Abfolge der Experimente bzw. Lerninhalte hingewiesen. Allerdings erstreckt sich diese Empfehlung nicht über die Themenbereiche hinaus. Außerdem wird absichtlich auf eine komplette Darstellung von Unterrichtsabläufen verzichtet, so dass die zentralen Themenfelder in Abhängigkeit von den Schulbedingungen vom Lehrer ausführlicher entwickelt werden können.

Eine bedeutsame Maßnahme für die Qualitätsverbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist die Einrichtung der BLK<sup>2</sup>-Programme SINUS, SINUS-Transfer und SINUS-Transfer-Grundschule. Das Modellversuchsprogramm „Steigerung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (SINUS)“ entstand bereits 1998 als Reaktion auf die Ergebnisse der TIMS-Studie. Mit der Beteiligung von Grundschulen seit dem Schuljahr 2004/ 2005 erfasst es mittlerweile das gesamte Altersspektrum an Schulen.

Das Gutachten zur Einrichtung des BLK-Programms SINUS-Transfer-Grundschule stellte fest, dass im Sachunterricht der Grundschulen erhebliche Defizite im systematischen Aufbau konzeptionellen und methodischen Wissens bestehen. Daraus entstand die Notwendigkeit, wenige zentrale Konzepte und Methoden in den Blickpunkt des Sachunterrichts zu rücken. Diese müssen sich an der Erfahrungswelt der Kinder orientieren und zugleich ein grundlegendes konzeptionelles Wissen entwickeln, das anschlussfähig ist für nachfolgendes Lernen [DEMUTH 2005].

Der von der GDSU (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts) erarbeitete Perspektivrahmen Sachunterricht (2002) leistet in diesem Sinne einen wichtigen Beitrag, der als Vorläufer zur Formulierung von Bildungsstandards angesehen werden kann. Der Perspektivrahmen benennt, welche Grundeinsichten und Methoden Gegenstand des Sachunterrichts sein sollten, damit Schüler tragfähige, anschlussfähige und fachspezifische Kompetenzen erlangen können. Dabei orientiert er sich an „aktuellen lern- und wissenstheoretischen Einsichten, die darauf aufmerksam machen, dass Lernen Konzepte und Vorstellungen von Kindern aufnehmen muss, um diese in ihren Fragen und Erkenntnissen weiterführen zu können“ [GDSU, [www.gdsu.de](http://www.gdsu.de)].

Als weitere wichtige Initiative zur Förderung der naturwissenschaftlichen Bildung ist die Ausarbeitung von Empfehlungen zur Stärkung des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch die Fachgruppe Chemieunterricht der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) zu nennen. Vor dem Hintergrund der 2004 eingeführten Bildungsstandards wurden fachliche Inhalte, Basiskonzepte (basierend auf den Basiskonzepten der KMK), mögliche Themenbereiche sowie Kompetenzanforderungen für den Sachunterricht, die Jahrgangsstufe 5/6 und den anschließenden Fachunterricht erarbeitet. Die Empfehlungen zielen auf einen durchgängigen, aufeinander abgestimmten naturwissenschaftlichen Unterricht in allen Klassenstufen und Schulformen [GDCh 2005].

<sup>2</sup> BLK: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung

Für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht (NaWi, Jahrgangsstufe 5/6) wurden auch von DEMUTH und RIECK Basiskonzepte in Anlehnung an die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) in den Fächern Biologie, Chemie und Physik entwickelt. Dabei wird der Schwerpunkt auf die Kompetenzbereiche Fachwissen und Erkenntnisgewinnung gelegt, da diese Bereiche für den naturwissenschaftlichen Unterricht von zentraler Bedeutung sind und diesbezüglich erhebliche Defizite bestehen. Beide Kompetenzbereiche sollten in engem Zusammenhang stehen: „Konkrete Fachinhalte, Phänomene, deren Behandlung Gegenstand des Unterrichts sind, sind so auszuwählen, dass sie sowohl einen Beitrag zur Entwicklung von tragfähigen Fachkompetenzen **und** von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen leisten“ [DEMUTH & RIECK 2005a, S. 14].

In einem nachfolgenden Kapitel (vgl. Kap. 4.3.) wird aufgezeigt, dass die in der vorliegenden Konzeption ausgewählten Lerninhalte und Kompetenzen mit denen des Perspektivrahmens Sachunterricht (GDSU), mit den Empfehlungen der Fachgruppe der GDCh sowie mit den vorgeschlagenen Basiskonzepten von DEMUTH & RIECK im Einklang stehen.

### 3. Ziel der Arbeit

#### 3.1. Inhaltliche Konzeption eines Unterrichtsganges für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Das zentrale Anliegen dieser Arbeit war die Entwicklung eines durchgängigen systematischen Unterrichtsganges für die Klassenstufen 3 und 4 zur naturwissenschaftlichen Bildung im Sachunterricht. Im Hinblick auf die besonders im späteren Chemieunterricht auftretenden Verständnisschwierigkeiten von Schülern, wurde dabei der Behandlung von physikalisch-chemischen Phänomenen besondere Beachtung geschenkt. Ziel ist der Aufbau einer anschlussfähigen Wissensbasis, an die der naturwissenschaftliche Unterricht der Sekundarstufe und insbesondere der Chemieunterricht anknüpfen können.

Die Auswahl der Unterrichtsthemen für diese Konzeption orientierte sich u.a. an den inhaltlichen Vorgaben der Lehrpläne für den Sachunterricht. Allerdings weisen diese für die verschiedenen Bundesländer teilweise große Unterschiede auf. In einer Tabelle (vgl. Kap. 4.2.) werden zu den Lerninhalten dieser Unterrichtskonzeption vorhandene Bezüge zu Lehrplaninhalten der unterschiedlichen Bundesländer angegeben.

Neben den Rahmenplänen dienten der Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU), die Empfehlungen der Fachgruppe der GDCh sowie die entwickelten Basiskonzepte von DEMUTH & RIECK als Grundlage für die inhaltliche Ausrichtung der vorliegenden Unterrichtskonzeption (vgl. Kap. 4.3.).

Desweiteren basiert die Entwicklung des vorgestellten Unterrichtsganges auf dem Konzept „Chemie fürs Leben“. Dieses Unterrichtskonzept wurde im Arbeitskreis FLINT für die Sekundarstufe I entwickelt, um eine höhere Akzeptanz und einen größeren Lernerfolg des Chemieunterrichts zu erreichen. Es stützt sich auf sechs grundlegende Aspekte, die bei der Planung und Gestaltung des Chemieunterrichts in stärkerem Maße berücksichtigt werden sollten. Im Rahmen dieser Arbeit galt es zu prüfen, inwieweit das Konzept „Chemie fürs Leben“ auf den naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule übertragen werden kann.

Im Folgenden werden die sechs grundlegenden Aspekte des Konzeptes „Chemie fürs Leben“ benannt und deren Relevanz für einen stoffkundlichen Sachunterricht aufgezeigt. An einzelnen Beispielen wird verdeutlicht, inwieweit diese Gesichtspunkte bei der Entwicklung der vorliegenden Unterrichtskonzeption berücksichtigt werden konnten.

1. Der Chemieunterricht soll einen erkennbaren Beitrag zur Allgemeinbildung leisten.
2. Ein Alltagsbezug sollte so oft wie möglich hergestellt werden.
3. Der Unterricht soll aktuelle Themen und Inhalte einbeziehen.
4. Es müssen im Chemieunterricht unverzichtbare fachliche Inhalte vermittelt werden.
5. Die Schüler sollen so oft wie möglich selbst aktiv tätig werden.
6. Die geistigen Fähigkeiten und Voraussetzungen der Schüler müssen berücksichtigt werden.

**Zu 1. Der Chemieunterricht soll einen erkennbaren Beitrag zur Allgemeinbildung leisten.**

Ebenso wie der Chemieunterricht der Sekundarstufe leistet der Sachunterricht einen wesentlichen Beitrag zur Allgemeinbildung der Schüler. Deshalb sollten bereits Grundschulkinder einen Zugang zu stoffkundlichen Phänomenen erhalten, der es ihnen ermöglicht, gesellschaftliches, aber auch eigenes Handeln kritisch zu hinterfragen und zu bewerten. In diesem Zusammenhang werden erste Kenntnisse zu Alltagsstoffen (unter Einbeziehung gasförmiger Stoffe, wie z.B. Kohlendioxid), zur Löslichkeit von Stoffen in Wasser, zu Stoffumwandlungen sowie zu Energieumwandlungen beim Verbrennen von Stoffen vermittelt.

**Zu 2. Ein Alltagsbezug sollte so oft wie möglich hergestellt werden.**

Die Notwendigkeit eines Alltagsbezuges ergibt sich zum einen aus dem geforderten Beitrag der Chemie bzw. des Sachunterrichts zur Allgemeinbildung (siehe 1. Aspekt). Darüber hinaus hat die Beschäftigung mit stofflichen Phänomenen aus dem Alltag der Schüler einen hohen motivationalen Effekt. Gleichzeitig wird mit einer Anknüpfung an die Lebenswelt der Schüler der ab den 80er Jahren verstärkten Forderung nach Kindorientierung im Grundschulunterricht Rechnung getragen. Dies schließt einen wissenschaftlich orientierten Ansatz jedoch nicht aus (vgl. Aspekt 4). Unter Berücksichtigung dieses Aspektes werden die Lerninhalte in der vorliegenden Unterrichtskonzeption ausschließlich anhand von Alltagsstoffen bzw. Alltagsphänomenen vermittelt. Beispielsweise erfolgt die Heranführung an den Energiebegriff innerhalb der Thematik Feuer. Licht und Wärme sind den Kindern als Begleiterscheinungen der Verbrennung aus ihrer Lebenswelt bekannt, so dass daran anknüpfend verschiedene Energieformen und Energieumwandlungen eingeführt werden können. Dabei stehen Brennstoffe aus dem Alltag wie Holz, Kohle, Wachs und Benzin als chemische Energieträger im Mittelpunkt.

**Zu 3. Der Unterricht soll aktuelle Themen und Inhalte einbeziehen.**

Einhergehend mit der Forderung zur Allgemeinbildung und zum Alltagsbezug sollten verstärkt aktuelle Themen bzw. Inhalte Unterrichtsgegenstand des Chemieunterrichts und des Sachunterrichtes sein. Deshalb erfolgt in dieser Konzeption aufgrund der Aktualität und der zunehmenden Präsenz in den Medien im Zusammenhang mit der Klimaproblematik allgemein die Behandlung von gasförmigen Stoffen und speziell u.a. die Einführung des Gases Kohlendioxid. Der Begriff Kohlendioxid oder sogar die Formel „CO<sub>2</sub>“ sind vielen Grundschulkindern als „Schlagwörter“ aus dem Alltag bereits geläufig. Neben der aktuellen Klimadiskussion ergibt sich durch das Vorkommen von Kohlendioxid in Sprudelgetränken noch ein weiterer Anknüpfungspunkt zur Lebenswelt der Kinder, der wiederum das Interesse der Schüler berücksichtigt.

**Zu 4. Es müssen im Chemieunterricht unverzichtbare fachliche Inhalte vermittelt werden.**

Die Forderung nach einer stärkeren Einbeziehung von Alltag, Aktualität und Interessenlage der Schüler sollte jedoch nicht dazu führen, dass diese Faktoren zur Grundlage, zum strukturierenden Element oder zum Auswahlkriterium für Inhalte des Chemie- bzw. Sachunterrichtes werden. Denn gerade beim Heranführen an naturwissenschaftliche Phänomene ist es notwendig, Grundlagen schrittweise aufzubauen, auf die bei der Vermittlung nachfolgender und weiterführender Inhalte zurückgegriffen werden kann. Die Auswahl dieser grundlegenden fachlichen Kenntnisse und Zusammenhänge kann nicht in Abhängigkeit einer möglichen Alltagsverknüpfung erfolgen.

Aus diesem Grund orientierte sich die Auswahl und Abfolge der Unterrichtseinheiten und der einzelnen Lerninhalte der vorliegenden Konzeption nicht nur an den inhaltlichen Vorgaben der Rahmenpläne und den Lernbedürfnissen bzw. Erfahrungen der Schüler. Die Strukturierung der Inhalte erfolgte auch unter besonderer Berücksichtigung fachsystematischer Gesichtspunkte. Damit sollen die allgemeine kognitive Entwicklung und das weitere naturwissenschaftliche Verstehen optimal gefördert werden.

Übereinstimmend mit STRUNKs Empfehlungen zu Konzeptionen der konstruktivistischen Naturwissenschaftsdidaktik soll die hier gewählte Abfolge der einzelnen Unterrichtsthemen bzw. Naturphänomene den Brückenschlag zum nächsten Phänomen für die Schüler möglichst klein halten [STRUNK 1998, S. 171 ff.]. Vorangestellte Inhalte legen den Grundstein für ein Verstehen nachfolgender Inhalte. Zugleich erfahren die neu vermittelten Kenntnisse innerhalb des Gesamtlehrganges eine stetige Wiederholung, Anwendung und Erweiterung. Somit wird dem besonderen „Wert der Voraussetzungsgebundenheit und der immanenten Wiederholung im naturwissenschaftlichen Unterricht“ Rechnung getragen: „Das Neue wird mit dem Alten erarbeitet“ [SCHMIDKUNZ & LINDEMANN 1992, S. 24].

Während in den Rahmenplänen für den Sachunterricht die Unterrichtsthemen häufig unsystematisch und eher zusammenhanglos nebeneinander stehen, werden die Inhalte in dem hier vorgestellten Unterrichtsgang miteinander verknüpft, wenn möglich spiralcurricular. Damit sollen Grundschullehrer konkrete Anregungen erhalten, welche physikalisch-chemischen Themen in welcher sinnvollen Abfolge im Sachunterricht behandelt werden können.

Innerhalb dieses Unterrichtsganges werden auch gezielt fachsprachliche Begriffe wie beispielsweise Körper und Stoff, Stoffeigenschaften, Aggregatzustand, Stoffumwandlung und der Gasbegriff eingeführt. Denn obwohl die Klärung von Begriffen - besonders derer, die im Alltag und in der Fachsprache eine unterschiedliche Bedeutung haben - bei der Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Verständnisses äußerst wichtig ist, fehlen in der Regel solche Hinweise in den Plänen des Sachunterrichts.

Ein zentrales Anliegen dieser Arbeit ist der Aufbau einer anschlussfähigen Wissensbasis, an die der naturwissenschaftliche Unterricht der Sekundarstufe anknüpfen kann. Damit soll den großen Verständnisschwierigkeiten, die Schüler nachweislich v.a. im Chemieunterricht haben, möglichst frühzeitig entgegengewirkt werden. Insofern werden in dieser Konzeption gezielt Inhalte vermittelt, die den nachfolgenden Chemieunterricht vorentlasten können.

Auch SPÄGELE (2008) vertritt die Auffassung, dass es in Vorbereitung auf den Chemieunterricht im Sachunterricht notwendig erscheint, „einige *zentrale (stoffliche) Kategorien* vorzuentlasten oder zu ergänzen. Hierzu gehören:

- *die Eigenschaften von Gasen (Luft),*
- *stoffliche Veränderungen, bei denen Gase entstehen,*
- *Erhaltungskonzepte“* [SPÄGELE 2008, S. 251].

Diese zentralen (stofflichen) Kategorien finden sich teilweise in dem hier konzipierten Unterrichtsgang wieder. In der Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Alltagsstoffen werden bewusst gasförmige Stoffe wie Luft, Kohlendioxid oder Feuerzeuggas miteinbezogen. Am Beispiel des Verdunstens von Wasser lernen die Kinder auch Wasserdampf als nicht sichtbaren gasförmigen Stoff kennen. Erste stoffliche Veränderungen erfahren die Kinder bei der Einführung der Stoffumwandlung am Beispiel des Verkohlens von Stoffen, wobei das Entstehen von Gasen an dieser Stelle noch bewusst ausgeklammert wird (vgl. Kapitel 5.7.2.). Das Erhaltungskonzept soll den Kindern u.a. am Beispiel von Aggregatzustandsänderungen, Lösevorgängen und Stofftrennmethoden veranschaulicht werden.

Der vorgestellte Unterrichtsgang ist als Teil eines naturwissenschaftlichen Sachunterrichts anzusehen. Die Aufarbeitung weiterer wichtiger Themen der unbelebten Natur konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden.



### **Zu 5. Die Schüler sollen so oft wie möglich selbst aktiv tätig werden.**

Für das Erreichen eines verständnisgerechten Wissenszuwachses ist es notwendig, Schüler aktiv in den Lernprozess einzubinden. Dabei kann es sich z.B. um geistige Aktivitäten im Rahmen eines forschend-entwickelnden Unterrichtes handeln.

Im Sinne einer konstruktivistischen Sichtweise von Lernen erwirbt sich der Lernende Wissen, in dem neue Wissens Elemente aktiv in bestehende Wissensstrukturen eingebaut werden. Dieser konstruktive Aufbau von Wissenssystemen ist ein individueller Prozess, der maßgeblich durch vorhandenes Vorwissen beeinflusst wird. Lernen ist verständnisvoll, wenn es im Unterricht gelingt, erfolgreich an diese Vorerfahrungen der Schüler anzuknüpfen [DEMUTH & RIECK 2005b]. Diese Möglichkeit bietet z.B. eine forschend-entwickelnde Unterrichtsgestaltung.

Aus diesem Grund nimmt die Gestaltung eines forschend-entwickelnden Unterrichtes innerhalb dieser Konzeption eine wichtige Stellung ein, auf die im Kapitel 3.2. „Didaktisch-methodische Umsetzung der inhaltlichen Konzeption“ detaillierter eingegangen wird.

Desweiteren soll eine hohe Schüleraktivität durch das Einbeziehen zahlreicher Schülerexperimente erreicht werden. Dabei wird ein handlungsorientierter Unterricht im Zusammenhang mit einem kognitiven anspruchsvollen Lernen angestrebt.

### **Zu 6. Die geistigen Fähigkeiten und Voraussetzungen der Schüler müssen berücksichtigt werden.**

Bei der Entwicklung von Unterrichtskonzeptionen für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I ist es erforderlich, auch die kognitiven Fähigkeiten und Voraussetzungen der Schüler zu berücksichtigen. Dies gilt umso mehr für den Sachunterricht der Grundschule, da die Schüler wesentlich jünger sind.

Die Verständnisprobleme von Schülern im Chemieunterricht der Sekundarstufe resultieren u.a. daher, dass die stofflich-chemischen Phänomene wissenschaftlich mithilfe des Teilchenmodells erklärt werden. Diese Vorstellungen im submikroskopischen Bereich sind abstrakt und für Schüler oft schwer nachvollziehbar. SPÄGELE resümiert in seiner Arbeit, dass der Sachunterricht so ausgerichtet sein soll, „dass eben diese abstrakte Vorstellungsebene vorentlastet werden kann“ [SPÄGELE 2008, S. 250]. Beispielsweise könnten physikalische und chemische Phänomene schon im Anfangsunterricht der Grundschule modellhaft auf der Teilchenebene gedeutet werden. Dieser Auffassung wird in der vorliegenden Konzeption jedoch nicht gefolgt. Es wird angestrebt, die physikalisch-chemischen Lerninhalte zunächst auf makroskopischer Ebene zu vermitteln.

Nach Piaget denken Kinder im Grundschulalter vorwiegend konkret-operational. Demnach sind sie zwar schon fähig, Handlungen in der Vorstellung zu vollziehen, müssen dabei jedoch ihr Denken auf konkrete Objekte oder Beziehungen stützen können. Neuere Erkenntnisse aus der Entwicklungspsychologie weisen entgegen Piaget darauf hin, dass Grundschul Kinder bereits zum abstrakten Denken in der Lage sind (SODIAN 1995, STERN 2002). Demzufolge sollte sich der Grundschulunterricht nicht auf einen lebensweltlich orientierten und handelnden Umgang mit Sachverhalten beschränken [MÖLLER 2004, S. 150 f.]. Übereinstimmend mit dieser Auffassung werden in der vorliegenden Konzeption für den Sachunterricht auch kognitiv anspruchsvolle Inhalte vermittelt.

Zur Entwicklung des Basiskonzeptes „Stoff-Teilchenkonzept“ wird beispielsweise die Charakterisierung von Stoffen schrittweise erarbeitet, durch:

- das Beschreiben von Stoffen durch Stoffeigenschaften (z.B. Farbe, Geruch, Verformbarkeit, Löslichkeit, Brennbarkeit),
- das Einführen von Fachbegriffen und Einteilen von Stoffen (z.B. Körper/ Stoff, Aggregatzustände: fest, flüssig, gasförmig, Stoffgemische),
- physikalische Veränderungen von Stoffen (z.B. Aggregatzustandsänderungen, Lösen von Feststoffen in Wasser, Stofftrennmethoden),
- Umbildungen von Stoffen: Stoffumwandlung (Verkohlen von Stoffen).

Ein wichtiger Grundsatz des Konzeptes „Chemie fürs Leben“ besteht darin, dass nur so viel Theorie wie nötig und v.a. wie verständlich ist, vermittelt werden sollte. In diesem Sinne werden in der vorliegenden Konzeption für die Jahrgangsstufe 3/4 die Phänomene noch nicht auf der abstrakten Ebene mithilfe eines Teilchenmodells gedeutet. Denn das Verstehen eines diskontinuierlichen Aufbaus von Materie bereitet selbst Schülern im Fachunterricht der Sekundarstufe große Schwierigkeiten. Übereinstimmend mit den Empfehlungen der Fachgruppe Chemieunterricht der GDCh und DEMUTH & RIECK (2005b) sollten Schüler ab der Jahrgangsstufe 5/6 Vorstellungen zum Aufbau der Stoffe aus kleinsten Teilchen erlangen und diese zum Erklären von z.B. chemischen Phänomenen nutzen.

Mit der Forderung nach einer stärkeren Beachtung der Voraussetzungen der Schüler orientierte sich die Auswahl und Abfolge der Unterrichtsinhalte in dieser Konzeption auch wesentlich an den Alltagserfahrungen der Schüler. Diese sollten zusätzlich zum Einbeziehen von Alltagsstoffen und Alltagsphänomenen bei der Vermittlung von Lerninhalten (siehe Aspekt 2) berücksichtigt werden. Denn Grundschüler haben bereits vielfältige Erfahrungen in ihrem Lebensumfeld gesammelt und tief verankerte Vorstellungen über Begriffe, Phänomene und Prinzipien entwickelt. In vielen Fällen stimmen diese Vorstellungen nicht mit den zu lernenden wissenschaftlichen Inhalten überein. Darin liegt ein wesentlicher Grund für auftretende Lernschwierigkeiten. Schülervorstellungen können das Verstehen wissenschaftlicher Vorstellungen hemmen und sogar behindern [DUIT 2003].

Deshalb ist es wichtig, diese Alltagsvorstellungen im gesamten Planungsprozess zu berücksichtigen. Folgende Auffassungen von DUIT wurden der hier vorliegenden Unterrichtskonzeption zugrunde gelegt: „Die Sachstruktur für den Unterricht muss mit Blick auf die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler geplant werden. ... Es ist zu berücksichtigen, von welchen Vorstellungen ausgegangen werden soll und wie von dort Schritt für Schritt zu den wissenschaftlichen Vorstellungen geleitet werden kann. ... Bei den einzusetzenden Medien (z.B. Illustrationen, Bilder, Experimente) muss beachtet werden, dass die Schülerinnen und Schüler sie aus ihrer Perspektive möglicherweise anders interpretieren, als es beabsichtigt war. Unterrichtsmethoden müssen so ausgewählt werden, dass die Schülerinnen und Schüler Gelegenheit haben, sich mit den neu zu lernenden Vorstellungen intensiv auseinander zu setzen“ [DUIT 2003, S. 14 ff.].

Angemerkt sei, dass es zu den Vorerfahrungen bzw. Vorstellungen, die die Schüler in den Unterricht mitbringen, eine Reihe von unterschiedlichen Bezeichnungen gibt, z.B. Schülervorstellungen, Fehlvorstellungen, Alltagsvorstellungen, Schülervorverständnis, Präkonzepte oder alternative frameworks [WODZINSKI 2004]. Diesen Begriffen liegen teilweise unterschiedliche theoretische Ansätze zugrunde, auf die jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen wird. In der vorliegenden Konzeption werden hauptsächlich die Begriffe Schüler-, Alltags- bzw. Fehlvorstellungen verwendet. Damit ist ganz allgemein das Verständnis der Schüler vor dem Unterricht gemeint.

## 3.2. Didaktisch-methodische Umsetzung der inhaltlichen Konzeption

Die für diese Konzeption ausgewählten Lerninhalte wurden in 8 systematisch aufeinander folgende Unterrichtseinheiten strukturiert (vgl. Kap. 4.1.). Darüber hinaus war ein besonderes Anliegen dieser Arbeit die Aufbereitung und Beschreibung von möglichen Unterrichtsabläufen zur Vermittlung dieser Lerninhalte. Damit sollen Grundschullehrer, die sich bei der Behandlung von physikalisch-chemischen Themen im Sachunterricht und beim Umgang mit Schülervorstellungen unsicher fühlen (und denen die recht allgemein gehaltenen Hinweise der Lehrpläne unzureichend erscheinen), unterstützt werden.

Ebenso wie die thematische Auswahl und Abfolge der Lerninhalte richtete sich auch die Aufbereitung der einzelnen Unterrichtsstunden bzw. -abschnitte wesentlich nach den Erfahrungen und Alltagsvorstellungen der Schüler. Zu den themenspezifischen Schülervorstellungen, die in zahlreichen empirischen Erhebungen erfasst worden sind, wird in den jeweiligen Unterrichtseinheiten dieser Arbeit unter dem Kapitel „Didaktisch-methodische Aspekte“ Bezug genommen. Viele Erkenntnisse zu Schülervorstellungen lagen bereits in den 80er Jahren vor, wurden jedoch kaum bei der Konzeption neuer Lehrgänge für den Sachunterricht berücksichtigt.

Im Zusammenhang mit den Alltagsvorstellungen der Schüler stützte sich die Gestaltung des Unterrichts auf folgende Gesichtspunkte, die STERN so formuliert:

„Lernen ist erfolgreich, wenn erfolgreich an Vorwissen angeknüpft werden kann“,  
„Beim schlechten Unterricht müssen die Schüler herausfinden, was der Lehrer gemeint haben könnte, während im guten Unterricht der Lehrer herausfindet, was der Schüler gemeint haben könnte und wie man halb Verstandenes in die richtige Richtung lenkt“ [STERN 2003b, S. 2].

Mithilfe eines hauptsächlich forschend-entwickelnden Unterrichts wurde versucht, möglichst nahe am Vorwissen der Schüler zu sein bzw. die Schüler „abzuholen wo sie tatsächlich stehen“. Denn erst mit dem Erkennen konkreter Fehlvorstellungen oder Missverständnisse kann durch eine entsprechende Unterrichtsgestaltung Lernschwierigkeiten begegnet werden und eine mögliche Lenkung zu wissenschaftlichen Vorstellungen erfolgen. Gleichzeitig werden durch das Einbeziehen von Schülervorstellungen und -ideen die Schüler aktiv an der Gestaltung des Unterrichtsprozesses beteiligt (vgl. Kap. 3.1., siehe Aspekt 5).

Innerhalb des forschend-entwickelnden oder auch entdeckenden Unterrichts, wurde das Aufstellen von Hypothesen durch die Schüler zu vorangestellten Frage- bzw. Problemstellungen genutzt, um mögliche Alltagsvorstellungen „hervorzulocken“. Zudem wurden auch Schülermeinungen zu vorgeführten Versuchen oder Ideen für die Planung und Durchführung von Experimenten eingeholt.

Das Erfassen dieser Schülervorstellungen oder -ideen erfolgte auf unterschiedliche Weise, z.B.:

- in schriftlicher Form auf „Kladde-Zetteln“ (offene Fragestellungen),
- in schriftlicher Form auf den entwickelten Schülerarbeitsblättern (offene Fragestellungen oder Multiple choice – Test),
- in schriftlicher Form in vor den Unterrichtseinheiten durchgeführten Vortests (offene Fragestellungen oder Multiple choice – Test),
- in mündlicher Form während der Unterrichtsgespräche durch Einsatz eines Diktiergerätes.

Wie z.B. bei ZIETZ oder STÜCKRATH wurden auch häufig freie Schüleräußerungen während des Unterrichts genutzt, um Vorstellungen der Schüler auf die Spur zu kommen [DUIT et al. 1981].



Die Beschreibung möglicher Unterrichtsabläufe erfolgt in Form von Doppelstunden. Die vorliegende Konzeption umfasst 22 Doppelstunden bzw. 44 Unterrichtsstunden verteilt auf die Klassenstufen 3 und 4, wobei der zeitliche Rahmen für die Behandlung der jeweiligen Lerninhalte nur eine ungefähre Richtlinie darstellen kann.

In der Stundentafel der verschiedenen Bundesländer ist der Sachunterricht für die Jahrgangsstufe 3/4 mit durchschnittlich 4 Wochenstunden vertreten. Damit beträgt das Stundenvolumen pro Schuljahr mit durchschnittlich 40 Unterrichtswochen ca. 160 Unterrichtsstunden. Mit einem Anteil von 22 Unterrichtsstunden pro Schuljahr ist die Behandlung der in dieser Konzeption vorgestellten naturwissenschaftlichen Inhalte innerhalb des Sachunterrichts somit umsetzbar.

Im Zusammenhang mit der Aufbereitung möglicher Unterrichtsabläufe war auch die Entwicklung von unterrichtsbegleitenden Schülerarbeitsblättern sowie die Auswahl, Entwicklung und Beschreibung geeigneter Experimente von zentraler Bedeutung.

Entsprechend eines forschend-entwickelnden Unterrichts wurden Schülerarbeitsblätter entwickelt, die den Unterrichtsprozess begleiten und unterstützen sollen. Hierbei wurde Raum für das Aufstellen von Vermutungen, das Einzeichnen oder Beschreiben von Beobachtungen und das Erklären der Beobachtungen geschaffen. Lückentexte dienen häufig der Ergebnissicherung. Da in den derzeitigen Schulbüchern für den Sachunterricht physikalisch-chemische Themen unterrepräsentiert sind, finden sich auch Informationstexte auf den Schülerarbeitsblättern wieder.

Die bisherige Unterrichtspraxis zeigt, dass der Einsatz von Experimenten im Sachunterricht häufig gering ist. Neben dem erhöhten zeitlichen Aufwand in der Vor- und Nachbereitung sind sicherlich auch materielle Probleme hinsichtlich der Geräte- und Materialausstattung als Gründe zu nennen. Ein zusätzliches Hemmnis bei den Lehrkräften für den Sachunterricht ist die mangelnde Fachkompetenz. Aus diesem Grund stellte die Entwicklung, Erprobung und ausführliche Beschreibung von Lehrer- und v.a. Schülerexperimenten einen besonderen Schwerpunkt dieser Arbeit dar.

Die Auswahl und Entwicklung der Lehrer- und Schülerexperimente richtete sich nach folgenden Kriterien:

- ungefährlich (ohne Sicherheitsrisiko für Schüler und Lehrer bei sachgemäßem Umgang),
- altersgerecht und aufbauend auf Vorkenntnisse bzw. Vorstellungen der Schüler,
- einfach in der Durchführung und sicheres Gelingen,
- Durchführung in herkömmlichen Schulräumen,
- einfache, preiswerte und alltagsbezogene Materialien (aus dem Haushalt bzw. Supermarkt).

### 3.3. Unterrichtserprobung

Im Rahmen dieser Arbeit unterrichtete ich mit Beginn des Schuljahres 2004 drei Jahre lang Schüler der 3. und 4. Klasse. Zusätzlich zum regulären Sachunterricht, der von den jeweiligen Lehrern der Schule gegeben wurde, erteilte ich Schülern an drei verschiedenen Grundschulen Rostocks 14-tägig eine Doppelstunde, in der schwerpunktmäßig physikalisch-chemische Inhalte systematisch und mithilfe zahlreicher Lehrer- und Schülerexperimente vermittelt werden sollten. Die in dem ersten Jahr gesammelten Erfahrungen machten deutliche konzeptionelle Änderungen notwendig, insbesondere was die Strukturierung der Unterrichtsthemen betraf. Deshalb übernahm ich zu Beginn des Schuljahres 2005 neue 3.-Klässler an nunmehr zwei Grundschulen Rostocks. Diese wurden durchgängig bis zur 4. Klasse unterrichtet, so dass der gesamte zweijährige Unterrichtsgang in der Praxis erprobt und nachbereitet werden konnte.

Da die Schüler in der Unterrichtserprobung mit ihren Vorstellungen und Ideen den Unterrichtsprozess aktiv mitgestalteten, wurden in der Beschreibung der Unterrichtsstunden solche Schülervorstellungen, -vermutungen und -ideen sowie einzelne Unterrichtsgespräche einbezogen. Sie können Grundschullehrern als Anregung für den eigenen Unterricht dienen. Zum anderen verdeutlichen die aufgeführten Praxiserfahrungen, welches Interesse die Schüler an einer Auseinandersetzung mit physikalisch-chemischen Phänomenen haben, aber auch welche „Stolpersteine“ es zu überwinden gilt.

Darüber hinaus können die aufgeführten Auswertungen zu Schülerbefragungen aus der Unterrichtserprobung auch als Ansatzpunkt einer weiteren Entwicklung des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts dienlich sein.

## 4. Darstellung des Unterrichtsganges

### 4.1. Kurzübersicht zum Inhalt der Unterrichtseinheiten

Der für das 3. und 4. Schuljahr konzipierte Unterrichtsgang zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht besteht aus acht aufeinanderfolgenden Unterrichtseinheiten. Die Inhalte dieser Unterrichtseinheiten werden in diesem Kapitel kurz zusammenfasst. Jeder Unterrichtseinheit wurde ein Symbol zugeordnet, welches sich zur Orientierung auf den jeweiligen Schülerarbeitsblättern wiederfindet.

#### UE 1 „Forschen und Beobachten“



(Umfang ca. 3 Doppelstunden)

Diese erste Unterrichtseinheit dient als Einstieg in einen naturwissenschaftlichen und experimentellen Sachunterricht. Die Schüler erfahren zunächst etwas über das Wesen der Naturwissenschaften selbst und werden dann in Vorbereitung auf das Durchführen von Schülerexperimenten mit den Sicherheitsregeln vertraut gemacht. In diesem Zusammenhang erfolgt die Behandlung der menschlichen Sinnesorgane, da diese beim Beobachten von Experimenten gezielt eingesetzt werden. Mit der Behandlung der Lupe lernen die Schüler ein wichtiges Hilfsmittel beim Forschen kennen, als auch Ursachen für optische Erscheinungen, wie z.B. Lichtbrechung und Lichtbündelung.

Ein wesentlicher Schwerpunkt dieser Unterrichtseinheit ist, die Schüler an naturwissenschaftliche Methoden der Erkenntnisgewinnung heranzuführen, wie z.B. das Aufstellen von Hypothesen und deren Überprüfung mittels Versuche. Daran anknüpfend wird eine stetige Weiterentwicklung von Kompetenzen in Bezug auf die Erkenntnisgewinnung in allen nachfolgenden Unterrichtseinheiten beim Erschließen unterschiedlicher Naturphänomene angestrebt.

#### UE 2 „Körper und Stoffe“



(Umfang ca. 3 Doppelstunden)

„Herzstück“ dieser Unterrichtseinheit ist der Sinnesparcours – ein Lernzirkel, in dem die Schüler an verschiedenen Stationen Gegenstände (Körper) und Materialien (Stoffe) mithilfe ihrer Sinnesorgane erkennen sollen. Darüber hinaus erfahren die Schüler an einer Station durch Nutzung eines Magneten, dass nur Gegenstände aus Eisen magnetisch sind. An einer weiteren Station erfolgt der Einsatz einer Balkenwaage: Durch Umformen und Wiegen von Knete sollen die Schüler erkennen, dass bei Veränderung der Form eines Körpers die Masse erhalten bleibt.

Unter Einbeziehung der im Sinnesparcours gesammelten Erfahrungen werden die für den weiteren Unterrichtsverlauf grundlegenden Begriffe wie Körper/ Gegenstände und Stoff sowie die Aggregatzustände fest und flüssig erarbeitet. Anhand ausgewählter Stoffeigenschaften lernen die Schüler, feste und flüssige Alltagsstoffe zu erkennen und zu beschreiben.

#### UE 3 „Luft begreifen“



(Umfang ca. 3 Doppelstunden)

Die Schüler sollen Luft bewusst als Stoff erfahren, der existiert und Eigenschaften besitzt, um mit dieser Kenntnis Naturphänomene verstehen zu können, bei denen Luft von Bedeutung ist. Darüber hinaus erfolgt am Beispiel der Luft im Vergleich zu festen und flüssigen Stoffen die Einführung des gasförmigen Aggregatzustandes. Die Entwicklung eines Verständnisses zu Gasen wird in den nachfolgenden Unterrichtseinheiten durch weitere Beispiele wie Kohlendioxid, Wasserdampf, Wachsdampf oder Feuerzeuggas unterstützt.

#### UE 4 „Kohlendioxid“



(Umfang ca. 2 Doppelstunden)

Mit Kohlendioxid sollen die Schüler einen weiteren gasförmigen und für unser Leben sehr bedeutsamen Stoff kennen lernen, der sich im Vergleich zu Luft durch besondere Stoffeigenschaften unterscheidet. Ableitend aus den Eigenschaften werden die Schüler mit Vorkommen und Verwendungsmöglichkeiten von Kohlendioxid im Alltag vertraut gemacht.

#### UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“



(Umfang ca. 4 Doppelstunden)

Kernpunkt dieser Unterrichtseinheit ist die „Verwandlung“ und Erhaltung des Wassers innerhalb des Wasserkreislaufes. Damit die Schüler die Vorgänge und Zusammenhänge des Wasserkreislaufes verstehen, werden zunächst die drei Aggregatzustände des Wassers (fest, flüssig, gasförmig) sowie die jeweiligen Aggregatzustandsänderungen (Schmelzen, Erstarren, Sieden, Kondensieren) erarbeitet. Als weitere wichtige Grundlage für ein Verständnis des Wasserkreislaufes erfahren die Schüler den Unterschied zwischen Sieden und Verdunsten von Wasser. Vertiefend wird am Ende dieser Unterrichtseinheit der Frage nachgegangen, wie der Wasserdampf nach oben in den Himmel gelangt. Dabei wird das Thema Luft erneut aufgegriffen. In Experimenten erfahren die Schüler phänomenologisch, dass warme Luft – und damit auch der enthaltene gasförmige Wasserdampf – aufsteigt.

#### UE 6 „Wasser als Lösungsmittel (Abwasserreinigung)“



(Umfang ca. 2 Doppelstunden)

Beim Reinigen von „Schmutzwasser“ lernen die Schüler verschiedene Methoden der Stofftrennung kennen. Außerdem erfahren sie dabei, dass Stoffe, die sich in Wasser lösen, wie z.B. Salz, nicht verschwinden, sich allerdings durch Sieben oder Filtrieren nicht vom Wasser trennen lassen. Als mögliches Trennverfahren lernen die Schüler die Methode des Eindampfens kennen und wenden diese beim Thema Salzgewinnung aus Meerwasser bzw. Steinsalz an. Neben Salz werden weitere feste Alltagsstoffe in Bezug auf die Löslichkeit in Wasser überprüft.

#### UE 7 „Stoffumwandlung“



(Umfang ca. 1 Doppelstunde)

Aufbauend auf die Kenntnisse von Stoffen und ihren Eigenschaften sowie von der Erhaltung der Stoffart bei Aggregatzustandsänderungen sollen die Schüler am Beispiel des Verkohlens von Stoffen (Zucker, Milch, Holz) ein für sie neues Phänomen erschließen: Das Entstehen neuer Stoffe mit anderen Eigenschaften, wobei die ursprünglichen Stoffe aufhören, zu bestehen. An verschiedenen Alltagsbeispielen sollen sie sich im Erkennen von Stoffumwandlungen im Unterschied zu anderen (physikalischen) Vorgängen üben.

#### UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“



(Umfang ca. 4 Doppelstunden)

Anhand praktischer Bezüge wie „Lagerfeuer machen“ oder „Grillkohlenfeuer in Gang bekommen“ lernen die Schüler die drei Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer kennen: Brennstoff, Entzündungstemperatur und Luft/ Sauerstoff sowie die Bedeutung des Zerteilungsgrades von Brennstoffen. Daraus schlussfolgernd werden unterschiedliche Löschmöglichkeiten erprobt und diskutiert. Im Zusammenhang mit der Überprüfung fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe auf Brennbarkeit, erfahren die Schüler, dass Wachsdämpfe brennbar sind. Ergänzend bzw. vertiefend kann dieses Wissen angewendet werden, um die Funktionsweise einer Kerze zu erkunden.

Am Beispiel des Nutzens von Feuer bzw. Verbrennungen durch den Menschen werden die Schüler an den Energiebegriff herangeführt. Anhand von Alltagsphänomenen (Heißluftballon, Weihnachtspyramide, Autoantrieb mit Benzin) lernen die Schüler einige Energieformen und Energieumwandlungen kennen. Anknüpfend bietet sich die Möglichkeit, die Problematik der Umweltbelastung durch den Menschen zu thematisieren (z.B. Entstehung von Kohlendioxid bei Verbrennungen).

## 4.2. Übersicht zur Verknüpfung einzelner Lerninhalte innerhalb des Unterrichtsganges

Die Abfolge der einzelnen Lerninhalte des zweijährigen Unterrichtsganges wird in der nachfolgenden Tabelle, in der linken Spalte, aufgeführt.

In der mittleren Tabellenspalte sollen Pfeile und Hinweise erkenntlich machen, welche Voraussetzungen durch vorangestellte Inhalte geschaffen werden, die für ein besseres Verstehen nachfolgender Inhalte wichtig sind. Dabei sind die mit gestrichelten Linien gekennzeichneten Lerninhalte nicht als Lernvoraussetzungen, sondern eher als sinnvolle Vorbereitung bzw. Anbahnung anzusehen.

In der rechten Spalte der Tabelle werden thematische Bezüge zu Lehrplaninhalten des Sachunterrichts angegeben. Dazu wurden die in dieser Konzeption behandelten Themen mit zwölf Rahmenplänen für die Grundschule, die im Dezember 2007 im Internet zugänglich waren, verglichen:

- Baden-Württemberg: BW [BW 2004],
- Bayern: B [B 2000],
- Bremen: BR [BR 2007],
- Hamburg: H [H 2003],
- Hessen: HE [HE 1995],
- Mecklenburg-Vorpommern, Berlin, Brandenburg: MV/BE/BB [MV/BE/BB 2004] (Bereich Technik gilt nur für: BE/BB),
- Nordrhein-Westfalen: NW [NW 2003],
- Niedersachsen: N [N 2006],
- Sachsen: S [S 2004],
- Sachsen-Anhalt: SA [SA 2005],
- Schleswig-Holstein: SH [SH 1997],
- Thüringen: T [T 1999].

In der Tabelle werden die hier aufgeführten Abkürzungen für die einzelnen Bundesländer verwendet.

Außerdem erfolgt in der rechten Tabellenspalte zur Angabe der Bundesländer ein zusätzlicher Hinweis, unter welchem Lern- oder Themenfeld, Bereich bzw. Schwerpunkt die Lerninhalte im Rahmenplan aufgeführt sind. Eine Ausnahme bildet Baden-Württemberg, da viele thematische Bezüge sich unter der Überschrift „Verbindliche Experimente“ wiederfinden.

UE	Systematische Abfolge der Lerninhalte	Nachfolgende Unterrichtsinhalte, die aufbauend bzw. anknüpfend vermittelt werden	Thematische Bezüge zu Lehrplaninhalten
<p><b>UE 1 „Forschen und Beobachten“</b></p>	<p><b>1) Wissenschaftsverständnis:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beruf des Naturwissenschaftlers (Aufgaben, Bedeutung der Naturwissenschaften),</li> <li>- Experimentieren als wichtige Methode der Erkenntnisgewinnung.</li> </ul> <p><b>2) Einsatz der Sinnesorgane beim Beobachten von Experimenten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sinnesorgane und -leistungen des Menschen,</li> <li>- Sicherheitsregeln beim Experimentieren (Einsatz und Schutz der Sinnesorgane),</li> <li>- Papierchromatographie (Durchführung eines ersten Schülerexperimentes zur Motivation und Anwendung der Sicherheitsregeln).</li> </ul> <p><b>3) Die Lupe als wichtiges Arbeitsmittel beim Untersuchen:</b></p> <p><u>Lupe als Vergrößerungsglas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- richtige Handhabung (Betrachten und Zeichnen kleiner Zuckerkristalle, Vergleich mit Kandiszucker),</li> <li>- Lupenwirkung eines Wassertropfens,</li> <li>- Sammellinsenform von Lupenglas und Wassertropfen als Ursache der vergrößerten Abbildung von Gegenständen,</li> <li>- Nahpunkt des Auges (Funktion der Augenlinse, Lupe- und Brillengläser als Hilfsmittel zum „Scharfstellen“).</li> </ul> <p><u>Lupe als Brennglas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entzünden eines Streichholzes mithilfe einer Lupe,</li> <li>- geradlinige Ausbreitung des Lichts, Lichtbrechung, Lichtbündelung im Brennpunkt,</li> <li>- Entstehung von Waldbränden durch liegengelassene Gläserben (Sicherheitserziehung).</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>Grundlage für alle nachfolgenden Lerninhalte</b> im Sinne eines forschend-entwickelnden und experimentellen Unterrichts</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p><b>UE 2 „Körper und Stoffe“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funktion der Sinnesorgane in Vorbereitung auf den Sinnesparcours.</li> </ul> </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p><b>UE 2 „Körper und Stoffe“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhaltung der Stoffart bei Zerteilung (z.B. Kandiszucker, feiner Zucker, Puderzucker),</li> <li>- Unterscheidung der Aggregatzustände fest und flüssig (Einordnung von fein zerteilten und pulverförmigen Stoffen als Feststoffe, z.B. feiner Zucker).</li> </ul> </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px;"> <p><b>UE 8 „Feuer“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entzündungstemperatur als eine Voraussetzung für das Entstehen von Feuer (Entzünden eines Brennstoffes ohne direkten Kontakt mit einer Flamme, z.B. Entzünden eines Streichholzes mittels Lupe).</li> </ul> </div>	<p><i>Wissenschaftsverständnis (BR: Natur)</i></p> <p><i>Experimentieren als Methode zur gezielten Untersuchung (S: Phänomene der unbelebten Natur)</i></p> <p><i>Experimentieren als Methode der Erkenntnisgewinnung (B, BR, H, HE, MV/ BE/ BB, N, NW, SA: meist unter Didaktische Grundsätze/ Unterrichtsgestaltung/ Beitrag des Faches)</i></p> <p><i>Sinnesleistungen/ Sinnesorgane (alle LP: meist unter Körper/ Gesundheit)</i></p> <p><i>Verwendung der Lupe (HE: Körper: Sinneserfahrungen; T: Lebensgemeinschaft Wald)</i></p> <p><i>Lupenwirkung eines Wassertropfens (HE: Wasser)</i></p> <p><i>Funktionsweise/ Leistung des Auges (z.B. nah – fern) (B, BR, H, SH: Körper/ Sinne; BW)</i></p> <p><i>Sonnenkraft (Brennglas) (HE: Technik: Nutzen von Energie)</i></p> <p><i>geradlinige Ausbreitung, Bündelung des Lichts (z.B. mit Lupe) (B: Optische Phänomene; BW)</i></p>





UE	Systematische Abfolge der Lerninhalte	Nachfolgende Unterrichtsinhalte, die aufbauend bzw. anknüpfend vermittelt werden	Thematische Bezüge zu Lehrplaninhalten
<p>UE 2 „Körper und Stoffe“</p>	<p><b>1) Absolvieren eines Sinnesparcours (Lernzirkel):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wahrnehmungsübungen durch gezielten Einsatz der Sinnesorgane,</li> <li>- Sensibilisierung der Schüler in Bezug auf die Unterscheidung von Körper/ Gegenstand und Stoff/ Material (Erkennen von Alltagsgegenständen an ihrer Form, Erkennen von Alltagsstoffen anhand von Stoffeigenschaften: Geruch, Farbe, ...),</li> <li>- magnetische und nicht magnetische Gegenstände (Magnetismus als Stoffeigenschaft von z.B. Eisen),</li> <li>- Erhaltung der Masse eines Körpers bei Umformung (Verformen und Wiegen von Knete).</li> </ul> <p><b>2) Einführung der Begriffe Körper und Stoff</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verständnis für den Stoffbegriff in Abgrenzung zum Begriff Körper/ Gegenstand und in Abgrenzung der Alltagsbedeutung (Stoffe sind die Materialien, aus denen Körper bzw. Gegenstände bestehen. Körper erkennt man an der Form; Stoffe an Stoffeigenschaften.),</li> <li>- Stoffeigenschaften (z.B. Farbe, Transparenz, Glanz, Härte, Verformbarkeit, Magnetismus) verschiedener Feststoffe (z.B. Holz, Glas, Knete, Metall).</li> </ul> <p><b>3) Einführung der Aggregatzustände fest und flüssig:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterscheidung von Alltagsstoffen nach fest und flüssig (z.B. Holz, Stein, Glas, Kork, Styropor, Knete, Aluminium, Schaumstoff, Honig, Öl, Essig, Wasser),</li> <li>- Einordnung weicher/ elastischer Stoffe als Feststoffe (z.B. Knete, Styropor, Schaumstoff).</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px;"> <p><b>Grundlage für alle nachfolgenden (stoffkundlichen) Lerninhalte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bereitstellung eines gemeinsamen sprachlichen Grundgerüsts (Vermeidung von Verstehensproblemen),</li> <li>- Entwicklung eines besseren Verständnisses für den Stoffbegriff unter Einbeziehung von Feststoffen und Flüssigkeiten.</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px;"> <p><b>UE 3 „Luft begreifen“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung des gasförmigen Aggregatzustandes am Beispiel Luft im Vergleich zu festen und flüssigen Stoffen.</li> </ul> <p><b>UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eis, Schnee, Hagel (fest); Regen, Nebel und Wolken (flüssig) als unterschiedliche Erscheinungsformen von Wasser.</li> </ul> <p><b>UE 8 „Feuer und Energiewandlung“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Überprüfen unterschiedlicher fester und flüssiger Stoffe in Bezug auf Brennbarkeit.</li> </ul> </div>	<p><i>Sinnesparcours/ Wahrnehmungsübungen</i> (B; BR, H, HE, MV/ BE/ BB, N, S, SH, T: Körper/ Gesundheit; BW)</p> <p><i>Sinnesleistung/ Sinnesorgane</i> (NW, SA: Körper/ Sinne)</p> <p><i>Magnetische/ nicht magnetische Stoffe</i> (MV/ BE/ BB: Magnetismus)</p> <p><i>Eigenschaften von Materialien (Stoffen), Gegenständen</i> (B: Natur und Technik: Materialien; BR: Technik: Herstellen von Produkten, NW: Gegenstände und Stoffe; BW)</p> <p><i>Zustandsarten von Stoffen (fest, flüssig, gasförmig)/ Übergänge</i> (HE: Materialien/ Materialeigenschaften; SH: Feuer, Wasser, Luft und Erde)</p>

UE	Systematische Abfolge der Lerninhalte	Nachfolgende Unterrichtsinhalte, die aufbauend bzw. anknüpfend vermittelt werden	Thematische Bezüge zu Lehrplaninhalten
UE 2 „Körper und Stoffe“	<p><b>4) Stoffeigenschaften verschiedener Flüssigkeiten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erkennen unterschiedlicher Flüssigkeiten, z.B. Wasser, Essig, Öl, Benzin, Spiritus anhand der Stoffeigenschaften, z.B. Farbe, Geruch, Brennbarkeit, Nichtmischbarkeit von Wasser und Öl, - Sicherheitserziehung, Gefahrsymbol (leichtentzündlich).</li> </ul> <p><b>5) Vertiefung in Bezug auf Stoffe und Stoffeigenschaften:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einordnen von pulverförmigen Stoffen als Feststoffe (z.B. Zucker, Salz, Sand),</li> <li>- Erhaltung der Stoffart bei Umformung/ Zerteilung (z.B. unterschiedlicher Zerteilungsgrad von Zucker: Kandiszucker, Kristallzucker, Puderzucker; Zerkleinerung von Lebensmitteln, Bearbeiten von Holz, Eisen, Umformen von Knete),</li> <li>- Eigenschaften von Kohlenstoff, Vorkommen in unterschiedlichen Formen und Verwendung (Grillkohle, Holzkohle, Zeichenkohle, Kohlestaub, Kohletabletten, Ruß).</li> </ul>	<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p><b>UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Benzin, Spiritus und Öl als brennbare Flüssigkeiten.</li> </ul> </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p><b>UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfluss des Zerteilungsgrades eines Stoffes (z.B. Holz) auf das Entstehen von Feuer.</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p><b>UE 7 „Stoffumwandlung“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erkennen von Stoffumwandlungen im Unterschied zu physikalischen Vorgängen, z.B. Umformen/ Zerteilen eines Stoffes.</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>UE 7 „Stoffumwandlung“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entstehung von Kohlenstoff beim Verkohlen von z.B. Zucker, Milch, Holz (Kohlenstoff als neuen Stoff mit anderen Stoffeigenschaften identifizieren).</li> </ul> </div>	<p><i>Verschiedene Flüssigkeitsarten (Vergleich der Eigenschaften) (H: Wasser; HE: Materialien/ Materialeigenschaften; N: Natur: Eigenschaften von Stoffen; BW)</i></p> <p><i>Gefahren bei Flüssigkeiten, die ähnlich wie Wasser aussehen, entzündlich/ feuergefährlich (B, S: Wasser)</i></p>





UE	Systematische Abfolge der Lerninhalte	Nachfolgende Unterrichtsinhalte, die aufbauend bzw. anknüpfend vermittelt werden	Thematische Bezüge zu Lehrplaninhalten
UE 3 „Luft begreifen“	<p><b>1) Luft ist nicht „Nichts“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bewusstes Wahrnehmen von Luft als Stoff, der existiert und Eigenschaften besitzt (nimmt einen Raum ein, farblos, geruchlos, transparent).</li> </ul> <p><b>2) Luft als gasförmiger Stoff bzw. Körper:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführen des gasförmigen Aggregatzustandes im Vergleich zu fest und flüssig,</li> <li>- Abgrenzung der wissenschaftlichen Bedeutung des Begriffes Gas von seiner Alltagsbedeutung,</li> <li>- pneumatisches Auffangen von Gasen am Beispiel Luft (Gase müssen zunächst eingesperrt werden, um sie transportieren und auffangen zu können.).</li> </ul> <p><b>3) Komprimierbarkeit als besondere Eigenschaft von Luft:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anfertigen eines „Flaschenteufelchens“ (Kartesischer Taucher) und Erkundung der Funktionsweise (beruhend auf Komprimierbarkeit von Luft),</li> <li>- Bedeutung dieser Eigenschaft im Alltag, Nutzung durch den Menschen (luftgefüllte Reifen, U-Boot, Druckluft als Antrieb).</li> </ul> <p><b>4) Luft hat eine Masse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ermitteln der Masse von Luft in einer Einwegspritze.</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p><b>Grundlage für alle nachfolgenden (stoffkundlichen) Lerninhalte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entwicklung eines besseren Verständnisses für den Stoffbegriff unter Einbeziehung von gasförmigen Stoffen.</li> </ul> <p><b>UE 4 „Kohlendioxid“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung von Kohlendioxid als Gas im Vergleich zu Luft.</li> </ul> <p><b>UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wasserdampf als Gas im Vergleich zu Luft,</li> <li>- Aufnahme des verdunsteten Wassers (Wasserdampf) durch die Luft,</li> <li>- Weg des Wasserdampfes von der Erde in den Himmel mit aufsteigender Luft.</li> </ul> <p><b>UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feuerzeuggas als gasförmiger Stoff im Vergleich zu Luft,</li> <li>- Luft als eine Voraussetzung für das Entstehen von Feuer.</li> </ul> </div>	<p><i>Eigenschaften von Luft/ Erfahrungen mit Luft</i> (B: Körper und Gesundheit/ Natur und Technik; BR, H, NW, N, S, SA, SH: Natur; BW)</p> <p><i>Luft als gasförmiger Stoff</i> (N, S: Natur/ Phänomene der unbelebten Natur)</p> <p><i>Verschiedene Zustandsformen und Eigenschaften von Stoffen (fest, flüssig, gasförmig)</i> (SH: Feuer, Wasser, Luft und Erde)</p> <p><i>Wind/ Luftdruck/ Luftfeuchtigkeit</i> (B, BR, H, HE, MV/ BE/ BB, N, S, SA, T: meist unter Wetter)</p>



UE	Systematische Abfolge der Lerninhalte	Nachfolgende Unterrichtsinhalte, die aufbauend bzw. anknüpfend vermittelt werden	Thematische Bezüge zu Lehrplaninhalten
UE 4 „Kohlendioxid“	<p><b>1) Entdecken eines neuen gasförmigen Stoffes beim Auflösen von Brausetabletten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auffangen und Untersuchen des „Brausetablettengases“,</li> <li>- Vergleich des „Brausetablettengases“ mit Luft (Experiment „Löschen einer Kerzenflamme“).</li> </ul> <p><b>2) Einführung von Kohlendioxid:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- „Brausetablettengas“ ist Kohlendioxid (Begriffseinführung),</li> <li>- Stoffeigenschaften von Kohlendioxid im Vergleich zu Luft (z.B. farblos, gasförmig, „schwerer“ als Luft, erstickende Wirkung),</li> <li>- Nachweis von Kohlendioxid mit Kalkwasser.</li> </ul> <p><b>3) weitere Verwendung/ Vorkommen von Kohlendioxid:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nachweis von Kohlendioxid in anderen „Sprudelgetränken“ (z.B. Mineralwasser, Apfelschorle),</li> <li>- Treibmittel zur Teiglockerung (Kohlendioxidfreisetzung aus Backpulver durch Zugabe von Wasser bzw. bei Hitze),</li> <li>- Nachweis von Kohlendioxid in der Ausatemluft (Gesundheitserziehung).</li> </ul> <p><b>4) Kohlendioxid hat „Kraft“ (Druck, Rückstoßprinzip):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- z.B. Experiment „Fotodosen-Rakete“ mit komprimiertem Kohlendioxid als Antrieb.</li> </ul>	<p>↑</p> <p><b>UE 7 „Stoffumwandlung“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erkennen von Stoffumwandlungen (z.B. Entstehung von Kohlendioxid beim Auflösen einer Brausetablette) im Unterschied zu physikalischen Vorgängen.</li> </ul> <p>↑</p> <p><b>UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Löschen (Kohlendioxid-Feuerlöscher).</li> </ul>	Es sind keine Bezüge zu Lernplaninhalten vorhanden.



UE	Systematische Abfolge der Lerninhalte	Nachfolgende Unterrichtsinhalte, die aufbauend bzw. anknüpfend vermittelt werden	Thematische Bezüge zu Lehrplaninhalten
<p>UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“</p>	<p><b>Systematische Abfolge der Lerninhalte</b></p> <p><b>1) Aggregatzustände und Aggregatzustandsänderungen des Wassers:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eis (Schnee), Wasser, Wasserdampf als Erscheinungsformen des Wassers sowie Einordnung in die Aggregatzustände fest, flüssig, gasförmig,</li> <li>- Schmelzen, Gefrieren (Erstarren), Sieden und Kondensieren (Verflüssigen) als Vorgänge der Aggregatzustandsänderungen,</li> <li>- Wärmezufuhr bzw. Wärmeentzug (Abkühlung) als Voraussetzungen für die jeweiligen Aggregatzustandsänderungen,</li> <li>- Ermitteln der Schmelz- und Siedetemperatur des Wassers (Einsatz des Thermometers),</li> <li>- Unterschied zwischen Sieden und Verdunsten von Wasser (Verdampfen als Oberbegriff für Sieden und Verdunsten),</li> <li>- Wasserdampf als farbloses Gas (im Vergleich mit Luft und Kohlendioxid).</li> </ul> <p><b>2) Wasserkreislauf:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verdunstung des Wassers durch Sonnenstrahlung zu unsichtbarem Wasserdampf,</li> <li>- Wolkenentstehung durch Kondensation des Wasserdampfes (Wolken bestehen aus winzigen Wassertropfchen),</li> <li>- Entstehung von Regen durch die Bildung großer, schwerer Wassertropfen in der Wolke,</li> <li>- weitere Niederschlagsarten (Erscheinungsformen) des Wassers, z.B. Schnee, Hagel, Reif, Nebel und Zuordnung zu den Aggregatzuständen,</li> <li>- Aufnahme des nicht sichtbaren Wasserdampfes durch die Luft (Luftfeuchtigkeit) und Aufstieg des Wasserdampfes mit der erwärmten Luft,</li> <li>- Wasser geht nicht verloren (Prinzip der Erhaltung).</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p><b>UE 6 „Wasser als Lösungsmittel (Abwasserreinigung)“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eindampfen einer Salzlösung als Stofftrennmethode (Sieden von Wasser),</li> <li>- Kochsalzgewinnung durch Verdunsten von Meerwasser bzw. aus Steinsalz durch Sieden der Sole.</li> </ul> <p><b>UE 7 „Stoffumwandlung“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erkennen von Stoffumwandlungen im Unterschied zu physikalischen Vorgängen (z.B. Aggregatzustandsänderungen von Wasser, Wachs und Salz).</li> </ul> <p><b>UE 8 „Feuer“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Brennbarkeit von Wasserdämpfen (Aggregatzustandsänderungen von Wachs).</li> </ul> </div>	<p><i>Aggregatzustände des Wassers/ von Stoffen</i> (B, BR, H, HE, MV / BE / BB, NS, S, T: Wasser; BW; NW: Gegenstände und Werkstoffe / Stoffe und ihre Umwandlung; SH: Feuer, Wasser, Luft und Erde)</p> <p><i>Aggregatzustandsänderungen des Wassers</i> (Schmelzen, Gefrieren, Verdampfen, Verdunsten, Kondensieren) (B, BR, H, HE, MV / BE / BB, S, SA, T: Wasser; BW; HE: Material / Materialeigenschaften; NW: Gegenstände und Werkstoffe / Stoffe und ihre Umwandlung)</p> <p><i>Wasserkreislauf</i> (B, BR, H, HE, MV / BE / BB, N, S, SA, SH, T: meist Wasser / Wetter; BW)</p> <p><i>Niederschläge / Wolkenbildung / Bewölkung</i> (B, BR, H, MV / BE / BB, N, T: meist unter Wetter; BW)</p> <p><i>Wasser als Eis, Hagel, Reif, Regen, Nebel</i> (SA: Wetter; BW)</p>



UE	Systematische Abfolge der Lerninhalte	Nachfolgende Unterrichtsinhalte, die aufbauend bzw. anknüpfend vermittelt werden	Thematische Bezüge zu Lehrplaninhalten
UE 6 „Wasser als Lösungsmittel (Abwasserreinigung)“	<p><b>1) Abwasserreinigung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Herstellen eines Stoffgemisches aus Wasser, Holzstücken, Steinen, Sand und Salz als „Schmutzwasser“,</li> <li>- Versuche zur Reinigung des „Schmutzwassers“ durch Schülerideen (z.B. Sedimentieren, Dekantieren, Sieben, Filtrieren als Stofftrennmethoden),</li> <li>- Salz lässt sich als gelöster Stoff nicht durch Filtrieren vom Wasser trennen,</li> <li>- Trennung von Salz und Wasser durch Eindampfen der Salzlösung.</li> </ul> <p><b>2) Salzgewinnung (Anwendung der Stofftrennmethoden):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bedeutung und Gewinnung von Speisesalz,</li> <li>- Salzgewinnung aus Meerwasser und/ oder Salzgewinnung aus Steinsalz.</li> </ul> <p><b>3) Löslichkeit in Wasser als Stoffeigenschaft:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lösungen als klare und durchsichtige Stoffgemische,</li> <li>- Unterscheiden verschiedener fester Alltagsstoffe hinsichtlich der Löslichkeit bzw. Nichtlöslichkeit in Wasser (z.B. Holz, Sand, Salz, Mehl, Zucker, Kreide, Wachs, Metall),</li> <li>- Anwendung der Löslichkeit von Feststoffen im Alltag (z.B. Lösen von Zucker zum Versüßen von Getränken, Lösen von Ostereierfarben, Lösen von Farb- und Geschmacksstoffen beim Aufbrühen von Tee).</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p><b>UE 7 „Stoffumwandlung“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erkennen von Stoffumwandlungen im Unterschied zu physikalischen Vorgängen (z.B. Herstellen von Stoffgemischen, Lösen von Stoffen).</li> </ul> </div>	<p><i>Klärung von Schmutzwasser/ Trennverfahren/Trennen und Mischen (B, H, HE, MV/ BE/ BB, N, NW, S, SA: meist unter Wasser; BW)</i></p> <p><i>Wasser als Lösungsmittel (B, BR, H, MV/ BE/ BB, N, NW, S, SH: meist unter Wasser; BW)</i></p> <p><i>Verarbeitung von Rohstoffen zu Produkten: z.B. Steinsalz, Eindampfen der Sole (B: Ausgangsstoffe und -materialien)</i></p> <p><i>Lösen in Abhängigkeit von der Temperatur/ Kristallbildung (S: Wasser)</i></p>



UE	Systematische Abfolge der Lerninhalte	Nachfolgende Unterrichtsinhalte, die aufbauend bzw. anknüpfend vermittelt werden	Thematische Bezüge zu Lehrplaninhalten
UE 7 „Stoffumwandlung“	<p><b>1) Erhitzen von Stoffen, die dabei ihren Aggregatzustand ändern:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhitzen und anschließendes Abkühlen von beispielsweise Wasser, Wachs und Salz (Sieden und Kondensieren bzw. Schmelzen und Erstarren als Aggregatzustandsänderungen),</li> <li>- Erhaltung der Stoffart bei Aggregatzustandsänderungen.</li> </ul> <p><b>2) Erhitzen von Stoffen, die dabei zu anderen Stoffen umgewandelt werden:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verkohlen von beispielsweise Zucker, Milch und Holz,</li> <li>- Zucker, Milch und Holz wandeln sich beim Verkohlen u.a. zu Kohlenstoff um (Vergleich der jeweiligen Stoffeigenschaften vor und nach dem Erhitzen).</li> </ul> <p><b>3) Einführung des Begriffes Stoffumwandlung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bei einer Stoffumwandlung hören Stoffe auf zu bestehen - dafür entstehen neue Stoffe mit anderen Eigenschaften,</li> <li>- Erkennen von Stoffumwandlungen im Unterschied zu anderen (physikalischen) Vorgängen (z.B. Entstehung von Kohlendioxid beim Auflösen einer Brausetablette als Stoffumwandlung, Zerkleinern von Lebensmitteln oder Herstellen von Stoffgemischen und Lösungen als umkehrbare Vorgänge, bei denen keine Stoffumwandlung stattfindet.).</li> </ul>	<div data-bbox="359 609 505 1164"> <p><b>UE 8 „Feuer“:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Brennbarkeit von Wachsdämpfen (Aggregatzustandsänderungen von Wachs).</li> </ul> </div>	<p><i>Einfluss verschiedener Temperaturen auf Stoffe, z.B. Wachs, Holz, Papier, Zinn, Wasser – Ausdehnen, Verformen, Verkohlen, Schmelzen, Verfestigen (B: Erfahrungen mit Temperaturen)</i></p> <p><i>Veränderung von Stoffen durch Verbrennung (N: Natur)</i></p> <p><i>Stoffumwandlung beobachten und herbeiführen (NW: Natur und Leben: Stoffe und ihre Umwandlung)</i></p> <p><i>Stoffumwandlungen durch hohe Temperaturen erkennen – Stoffumwandlungen durch Erhitzen und Verbrennen (SH: Unbelebte Natur)</i></p> <p><i>Nutzungsmöglichkeiten von Verbrennungsvorgängen, z.B. Grillen, Heizen (B: Verbrennung)</i></p> <p><i>Energieträger im Alltag/ Holz und seine Nutzung (BW)</i></p> <p><i>Verarbeitung von Roh- und Werkstoffen/ Herstellung von Lebensmitteln (Metall schmelzen, umgießen; Gewinnung von Öl, Stärke, Butter, Zucker, Sirup, Salz) (B: Ausgangsstoffe und -materialien BE/BB: Technische Entwicklungen und Herstellungsverfahren)</i></p>



UE	Systematische Abfolge der Lerninhalte	Nachfolgende Unterrichtsinhalte, die aufbauend bzw. anknüpfend vermittelt werden	Thematische Bezüge zu Lehrplaninhalten
UE 8 „Feuer und Energiewandlung“	<p><b>1) Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Überprüfen unterschiedlicher fester (z.B. Holz, Glas, Papier, Metall, ...), flüssiger (Wasser, Benzin, Spiritus, Öl) und gasförmiger Stoffe (Luft, Kohlendioxid, Feuerzeuggas) in Bezug auf Brennbarkeit,</li> <li>- Benzin und Spiritus als leichtentzündliche Flüssigkeiten (Sicherheitserziehung, Gefahrsymbol),</li> <li>- Brennbarkeit von Wachs dämpfen (Funktionsweise einer Kerze als Ergänzung/ Vertiefung),</li> <li>- Entzündung eines Brennstoffes bei Erreichen seiner Entzündungstemperatur (z.B. Versuche zu unterschiedlichen Entzündungsmöglichkeiten eines Streichholzes),</li> <li>- Vorhandensein von Luft/ Sauerstoff,</li> <li>- Für das Entstehen von Feuer müssen alle drei Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sein (Verbrennungsdreieck: Brennstoff, Entzündungstemperatur, Luft/ Sauerstoff),</li> <li>- Brandschutzregeln im Alltag.</li> </ul> <p><b>2) Einfluss des Zerteilungsgrades eines Brennstoffs auf das Entstehen von Feuer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fein verteilte Brennstoffe lassen sich aufgrund der besseren Durchmischung (Berührung) mit Luft/ Sauerstoff leichter entzünden (z.B. Entzünden von Holz in unterschiedlichem Zerteilungsgrad).</li> </ul> <p><b>3) Methoden der Brandbekämpfung (Sicherheitserziehung):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- allgemeine Maßnahmen der Brandbekämpfung (Entfernen des brennbaren Stoffes, Abkühlen unter die Entzündungstemperatur, Unterbrechen der Luftzufuhr),</li> <li>- Kühlungseffekt beim Löschen mit Wasser,</li> <li>- Kohlendioxid-Feuerlöscher (Modellexperiment).</li> </ul>		<p><i>Bedingungen/ Ursachen für das Entstehen von Feuer/Bränden (B, H, MV / BE/ BB, N, NW, S, SA: meist unter Feuer; BW)</i></p> <p><i>Brennbare, nichtbrennbare Stoffe (BR: Feuer; HE: Materialien/ Materialeigenschaften)</i></p> <p><i>Gefahren bei Flüssigkeiten, die ähnlich wie Wasser aussehen, entzündlich/ feuergefährlich (B, S: Wasser)</i></p> <p><i>Abhängigkeit der Entzündbarkeit von der Beschaffenheit der Stoffe, z.B. kompakt - fein zerteilt (B: Verbrennung)</i></p> <p><i>Löschmethoden/ Brandschutz (B, H, MV / BE/ BB, N, NW, SA: meist unter Feuer; BW)</i></p> <p><i>Kerze (Aufbau, Funktion des Dochtes, heiße Flammenzonen) (B: Verbrennung)</i></p> <p><i>Brennvorgang bei einer Kerze (S: Phänomene der unbelebten Natur)</i></p> <p><i>Zustandsarten von Wachs, Wachse schmelzen (HE: Materialien/ Materialeigenschaften)</i></p>





UE	Systematische Abfolge der Lerninhalte	Nachfolgende Unterrichtsinhalte, die aufbauend bzw. anknüpfend vermittelt werden	Thematische Bezüge zu Lehrplaninhalten
UE 8 „Feuer und Energiewandlung“	<p><b>4) Energiewandlung bei der Verbrennung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Heranführung an den Energiebegriff am Beispiel des Nutzens von Feuer/ von Verbrennungen durch den Menschen,</li> <li>- Brennstoffe (Holz, Kohle, Benzin, Wachs) als Energieträger,</li> <li>- Lichtenergie, Wärmeenergie, Bewegungsenergie und Chemische Energie als Beispiele für Energieformen,</li> <li>- Energiewandlungen am Beispiel bekannter Alltagsphänomene, z.B. Heißluftballon, Weihnachtspyramide, Autoantrieb mit Benzin (Konzept der Erhaltung der Energie),</li> <li>- Umweltbelastungen durch den Menschen im Zusammenhang mit Energienutzung, z.B. Kohlendioxidemissionen bei der Verbrennung von Benzin, Umwelterziehung (Ergänzung/ Vertiefung).</li> </ul>		<p><i>Nutzungsmöglichkeiten von Verbrennungsvorgängen: Grillen, Heizen, Leuchten, Antreiben (B: Verbrennung)</i></p> <p><i>Bedeutung, Nutzen des Feuers (Wärme, Licht) (H, MV / BE/ BB, S, SA: meist unter Feuer)</i></p> <p><i>Erwärmte Luft als Antrieb (HE: Nutzen von Energie)</i></p> <p><i>Beispiele für Energiewandlungen, Wärme, Bewegung, elektrische Energie (BR: Technische Entwicklungen und Errungenschaften)</i></p> <p><i>konventionelle und alternative Möglichkeiten der Energiegewinnung, Energieformen, Energieträger im Alltag (BW: Energie)</i></p> <p><i>Energiequellen und –formen, Möglichkeiten der Energieeinsparung (NW: Technik und Arbeitswelt)</i></p> <p><i>Entstehung von Schadstoffen bei Verbrennungsvorgängen (B: Verbrennung)</i></p>

Tab. 1: Übersicht zur Systematik einzelner Lerninhalte innerhalb des Unterrichtsganges

### 4.3. Berücksichtigung von Basiskonzepten und Kompetenzbereichen innerhalb des Unterrichtsganges

Um die Kompetenzen, die im Sachunterricht grundgelegt und entwickelt werden können, angemessen zu fördern, beschreibt der Perspektivrahmen Sachunterricht der GDSU (2002) inhalts- und verfahrensbezogene Beispiele. Bezogen auf die Naturwissenschaftliche Perspektive werden inhaltliche Schwerpunkte vorgeschlagen, die sich so bzw. ähnlich in dem vorliegenden Unterrichtsgang wieder finden, z.B.:

- **„Eigenschaften von Stoffen:** Eigenschaften von Werkstoffen wie Holz, Glas, Metall, Kunststoffen; Stoffgemische aus Feststoffen; Eigenschaften unterschiedlicher Flüssigkeiten wie Wasser, Öl, Essig (z.B. Geschmack, Zähigkeit); ...; Aggregatzustände des Wassers; Lösungen, Lösungsverhalten von Feststoffen in Wasser am Beispiel Zucker und Salz in Temperaturabhängigkeit;
- **Stoffveränderung als chemische Stoffumwandlung:** Verbrennungsprozesse am Beispiel der Verbrennung einer Kerze; Feuer und Brandschutz; ...;
- **Physikalische Regelhaftigkeiten:** ...; Luft und Luftdruck; ...; Zustandsänderungen (fest – flüssig – gasförmig)“ [GDSU 2002, S. 17].

Auch im Vergleich der Unterrichtsthemen dieser Konzeption mit den Empfehlungen der Fachgruppe Chemieunterricht der GDCh (2005) lässt sich eine Übereinstimmung wesentlicher Lerninhalte feststellen. Die nachfolgende Tabelle fasst empfohlene Inhalte für den Sachunterricht mit entsprechenden Beispielen zusammen.

Fachliche Inhalte	Sachunterricht (Jahrgangsstufe 1 – 4)
<b>Stoffeigenschaften</b>	Farbe; schwerer, leichter als ...; weicher, härter als ...; Glanz, auch Magnetisierbarkeit
<b>Aggregatzustände</b>	Fest – flüssig – gasförmig als Phänomene, Beobachtung von Übergängen (fest-flüssig, flüssig-gasförmig)
<b>Stoffgemische</b>	z.B. Sand und Kies, Hausmüll
<b>Lösen</b>	Salz und Zucker lösen sich in Wasser
<b>Trennen</b>	Sortieren, Sieben, Filtrieren
<b>Brennen</b>	Brennbar oder nicht, ohne Luft keine Verbrennung, einfaches Löschen
<b>Stoffumwandlung</b>	Beobachtung von Veränderungen (an der Luft, beim Erwärmen, beim Verbrennen)

Tab. 2: Ausschnitt aus „Stärkung der naturwissenschaftlichen Bildung“ [GDCh 2005, S. 10]

Im Gegensatz zu den Empfehlungen der Fachgruppe der GDCh, die eine Behandlung der Themen „Salzwasser als Stoffgemisch“ und „Eindampfen als Stofftrennmethode“ [GDCh 2005, S. 10] für die Jahrgangsstufe 5 – 6 vorsehen, werden diese Inhalte in der vorliegenden Konzeption bereits in den Klassenstufen 3 - 4 vermittelt (vgl. Kap. 5.6.). Eine Thematisierung der Stoffumwandlung innerhalb des Sachunterrichts der Grundschule erfolgt dagegen ausschließlich am Beispiel von stofflichen Veränderungen beim Erwärmen und nicht am Beispiel der Verbrennung (vgl. Kap. 5.7.). Diese inhaltlichen Abweichungen begründen sich u.a. auf die in der Unterrichtserprobung gesammelten Erfahrungen und auf Erkenntnisse empirischer Untersuchungen zu Schülervorstellungen. Konkrete Hinweise dazu finden sich jeweils in den Beschreibungen der Unterrichtseinheiten unter dem Kapitel „Didaktische und methodische Aspekte“.



Neben den fachlichen Inhalten werden von der Fachgruppe der GDCh Basiskonzepte (basierend auf den Basiskonzepten der KMK-Bildungsstandards) aufgeführt, welche in den Jahrgangsstufen 1 – 6 von Bedeutung sind. Dabei wurde zusätzlich das Kreislaufkonzept mit aufgenommen, da die frühzeitige Entwicklung eines Verständnisses für Stoffkreisläufe zum Verstehen naturwissenschaftlicher Zusammenhänge sehr wichtig ist. Für den Sachunterricht in den Klassen 1 – 4 werden folgende Basiskonzepte vorgeschlagen:

- Stoff-Teilchenkonzept,
- Konzepte zur Chemischen Reaktion,
- Energiekonzept,
- Kreislaufkonzept [GDCh 2005, S. 11].

Ähnliche Basiskonzepte formulieren DEMUTH & RIECK (2005) in dem Artikel „Grundlegende Konzepte für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht (NaWi, Jahrgangsstufe 5 - 6). Sie haben in Orientierung an das Gutachten zu SINUS-Transfer Grundschule untersucht, „welches die wenigen zentralen Konzepte sein könnten, die sowohl unmittelbar anschlussfähig an die Erfahrungswelt der Kinder sind wie gleichzeitig tragfähig für die Entwicklung eines Theorie-, Fakten- und Konzeptwissens in den Disziplinen Biologie, Chemie und Physik“ [DEMUTH & RIECK 2005, S. 23]. Für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht beschreiben sie folgende Konzepte:

- Konzept der Erhaltung: „Auf der Welt geht nichts verloren.“,
- Konzept der Energie: „Mit Energie kann man etwas tun.“,
- Konzept der Wechselwirkung: „Dinge kann man beeinflussen, Dinge beeinflussen sich gegenseitig.“ [DEMUTH & RIECK 2005, S. 23].

Die anschließende Tabelle zeigt beispielhaft auf, welche der in der vorliegenden Unterrichtskonzeption behandelten Lerninhalte einer Entwicklung dieser Basiskonzepte dienen. Dabei werden auch die Konzepte für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht der Jahrgangsstufe 5/6 (DEMUTH & RIECK) zum Vergleich miteinbezogen. Denn der Sachunterricht und das sich anschließende Fach „Naturwissenschaften“ bilden eine aufeinander aufbauende Einheit, in der ein phänomenologischer und lebensweltorientierter Ansatz im Vordergrund steht.

Basiskonzepte	Umsetzung in der vorliegenden Unterrichtskonzeption
<b>Stoff-Teilchenkonzept</b> , Beispiele: - Duftverbreitung, Verschwinden von Wasser als Phänomene (Fachgruppe der GDCh).	<b>UE 2 – UE 8</b> , Beispiele: Charakterisierung von Stoffen durch: - Stoffeigenschaften, durch Definitionen und Einteilungen (z.B. Körper und Stoffe, Aggregatzustände von Stoffen, Stoffgemische), - physikalische Veränderungen (Lösen von Feststoffen in Wasser, Stofftrennmethoden), - Stoffumwandlungen (Verkohlen von Stoffen).
<b>Kreislaufkonzept</b> , Beispiele: - Wasser in der Natur, Wasserkreislauf (Fachgruppe der GDCh). <b>Konzept der Erhaltung</b> , Beispiele: - Wasserkreislauf (DEMUTH & RIECK).	<b>UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“</b> , Beispiele: - Aggregatzustandsänderungen des Wassers innerhalb des Wasserkreislaufes (Wasser geht nicht verloren).

Basiskonzepte	Umsetzung in der vorliegenden Unterrichtskonzeption
<p><b>Konzept der Wechselwirkung</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Veränderung von Stoffen (Aggregatzustände des Wassers: fest, flüssig, gasförmig),</li> <li>- Nebel und Wolken bestehen aus kleinen Wassertropfen (DEMUTH &amp; RIECK),</li> </ul> <p>- Luft ist ein Stoff, der uns umgibt und einen gewissen Raum einnimmt (DEMUTH &amp; RIECK).</p>	<p><b>UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aggregatzustände des Wassers (fest, flüssig, gasförmig) und Aggregatzustandsänderungen des Wassers durch Wärmezufuhr bzw. Wärmeentzug (Abkühlung),</li> <li>- Wolkenentstehung durch Kondensation von Wasser (Wolken bestehen aus winzigen Wassertröpfchen).</li> </ul> <p><b>UE 3 „Luft begreifen“</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luft als Stoff, der existiert und Eigenschaften besitzt.</li> </ul>
<p><b>Konzept der Erhaltung</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lösen von Stoffen in Wasser,</li> <li>- Stofftrennung, Herstellen reiner Stoffe,</li> <li>- Gase und ihre Eigenschaften (DEMUTH &amp; RIECK).</li> </ul>	<p><b>UE 2 „Körper und Stoffe“</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhaltung der Stoffart bei Umformung oder Zerteilung.</li> </ul> <p><b>UE 6 „Wasser als Lösungsmittel (Abwasserreinigung)“</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lösen von festen Stoffen in Wasser (z.B. Salz, Zucker, Ostereierfarben),</li> <li>- Stofftrennmethoden (z.B. Sieben, Filtrieren, Eindampfen).</li> </ul> <p><b>UE 3 „Luft begreifen“</b>, <b>UE 4 „Kohlendioxid“</b>, <b>UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“</b>, <b>UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luft, Kohlendioxid, Wasserdampf und Feuerzeuggas als verschiedene gasförmige Stoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften.</li> </ul>
<p><b>Konzepte zur Chemischen Reaktion</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Veränderung von Stoffen im Alltag (an der Luft, beim Erwärmen, beim Verbrennen) (Fachgruppe der GDCh).</li> </ul>	<p><b>UE 7 „Stoffumwandlung“</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verkohlen von Zucker, Milch und Holz, Entstehung von Kohlendioxid beim Auflösen einer Brausetablette.</li> </ul>
<p><b>Energiekonzept</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Phänomene wie elektrischer Strom, Wärme (Fachgruppe der GDCh).</li> </ul> <p><b>Konzept der Energie</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Brennstoffe als Energieträger (Holz, Gas, Heizöl, Elektrizität, Benzin als „Treibstoff“),</li> <li>- verschiedene Energieformen,</li> <li>- Energienutzung durch Energieumwandlungen (DEMUTH &amp; RIECK).</li> </ul>	<p><b>UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“</b>, Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Brennstoffe wie Holz, Kohle, Benzin, Wachs enthalten Energie (chemische Energie),</li> <li>- Nutzen von Energieumwandlungen bei der Verbrennung (Wärme-, Licht-, Bewegungsenergie).</li> </ul>

Tab. 3: Umsetzung von Basiskonzepten in der vorliegenden Unterrichtskonzeption [GDCh 2005, S. 11; DEMUTH & RIECK 2005, S. 23 - 28]

In Bezug auf das Stoff-Teilchenkonzept sei angemerkt, dass auf Empfehlung der Fachgruppe Chemieunterricht der GDCh im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule das Erkennen und Beschreiben eines Phänomens im Vordergrund steht. „Ein systematisches Suchen nach dem ‚Warum‘ oder nach verbindlichen Detailerklärungen auf der Modellebene“ ist dieser Alterstufe nicht angemessen [GDCh 2005, S. 16]. Erst mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht der Jahrgangstufe 5 und 6 sollen die Schüler Vorstellungen zum Aufbau der Stoffe aus kleinsten Teilchen erlangen und diese zum Erklären von z.B. chemischen Phänomenen nutzen.

Die aufgeführten Lerninhalte beziehen sich auf den Kompetenzbereich Fachwissen. Folgend werden angestrebte Kompetenzen bezüglich der Erkenntnisgewinnung, der Kommunikation sowie der Bewertung aufgezählt. Diese sollen im Rahmen eines forschend-entwickelnden, problemlösenden und experimentellen Unterrichts im Verlauf des zweijährigen Unterrichtsganges entwickelt werden. Die Beschreibung der Kompetenzen orientiert sich an den Kompetenzbereichen der Bildungsstandards sowie an den Empfehlungen der Fachgruppe Chemieunterricht der GDCh.

#### Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung

Die Schüler sollen

- Phänomene erkennen und sachorientiert beschreiben,
- in einzelnen Beispielen erkennen, wie man ein Experiment als Frage an die Natur ausdenkt, plant und ausführt,
- Lösungen von Problemstellungen häufig durch Versuch und Irrtum oder durch intuitives Vorgehen finden,
- nach Anleitung Experimente, Untersuchungen und Beobachtungsaufgaben durchführen bzw. nachvollziehen,
- kindliche Vorstellungen zur Erklärung von Phänomenen nutzen,
- Vermutungen (Hypothesen) aufstellen und formulieren.

#### Kompetenzbereich Kommunikation

Die Schüler sollen

- sich zu vorgegebenen Themen Informationen aus Büchern, Zeitschriften, Schülerarbeitsblättern und elektronischen Medien beschaffen,
- einen Versuchsaufbau als Zeichnung wiedergeben,
- Versuchsergebnisse in unterschiedlichen Darstellungsformen (z.B. Zeichnungen, Fließ- oder Lückentexten, Tabellen) dokumentieren,
- über Vorstellungen, Kenntnisse und Versuchsergebnisse sprechen, sich austauschen und reflektieren,
- Fachsprache bzw. Fachbegriffe erlernen und benutzen – auch in neuen Kontexten.

#### Kompetenzbereich Bewertung

Die Schüler sollen

- Versuchsergebnisse im Hinblick auf die Vermutungen auswerten und zur Prüfung der Vermutung heranziehen,
- erfahren und erleben, dass für Phänomene des Alltags Erklärungen gefunden werden können,
- die Bedeutung eines umweltbewussten Handelns an Alltagsbeispielen erkennen (z.B. Wasserverschmutzung, Energiesparen).

[GDCh 2005, S. 14 f.]

## 4.4. Entwicklung einer anschlussfähigen Wissensbasis innerhalb des Unterrichtsganges

Ein besonderes Anliegen dieser Unterrichtskonzeption ist die Erarbeitung einer ersten Wissensbasis in Bezug auf physikalisch-chemische Themen, an die der nachfolgende naturwissenschaftliche Sekundarstufenunterricht, insbesondere der Chemieunterricht, anknüpfen kann. Damit soll möglichen Problemen und Schwierigkeiten beim Verstehen von neuen Lerninhalten frühzeitig entgegengewirkt werden, wie sie z.B. bei der Einführung der chemischen Reaktion auftreten.

Die folgende Übersicht stellt grundlegende Schwerpunkte dar, zu denen ein Verständnis innerhalb des zweijährigen Unterrichtsganges entwickelt bzw. angebahnt werden soll.

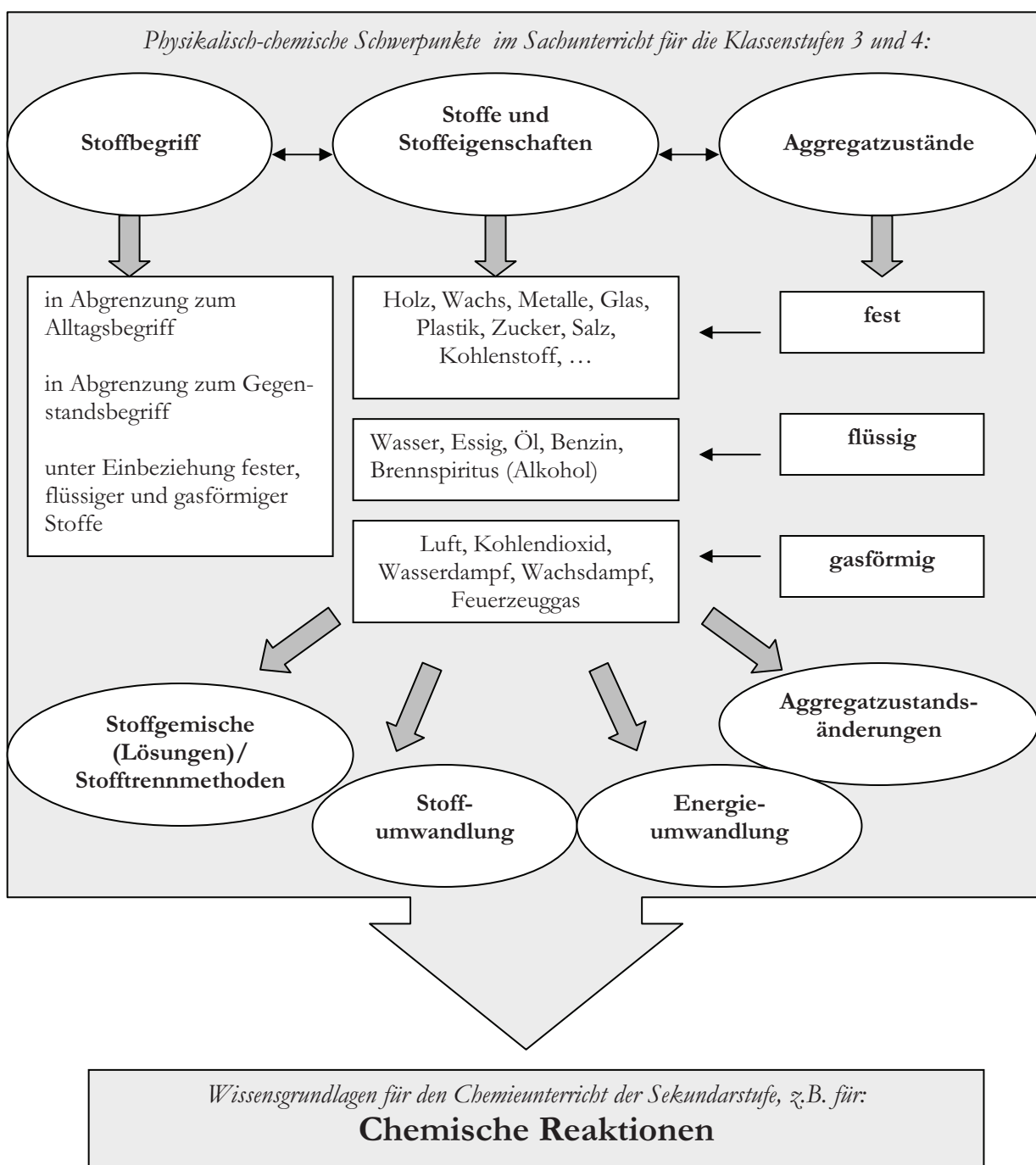


Abb. 1: Physikalisch-chemische Schwerpunkte im Sachunterricht für die Entwicklung einer anschlussfähigen Wissensbasis

Im Folgenden soll an einem Beispiel verdeutlicht, wie durch die in der Übersicht dargestellten Inhaltsschwerpunkte der spätere Chemieunterricht vorentlastet werden kann.

Schüler haben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I nachweislich große Verstehensprobleme im Zusammenhang mit chemischen Reaktionen. So greifen Schüler beim Deuten chemischer Vorgänge häufig auf nicht wissenschaftliche Erklärungen zurück (PFUNDT, EHLERT, vgl. Kap. 5.7.2.), z.B.:

- Stoffumwandlungen werden als Änderung der Eigenschaften von Stoffen gedeutet,
- Stoffumwandlungen werden als völlige Vernichtung der Stoffe angesehen,
- Stoffumwandlungen werden als Mischung und Entmischung (Zerlegung) von Stoffen gedeutet,
- Stoffumwandlungen werden als Aggregatzustandsänderungen interpretiert.

Eine Ursache für die Verständnisschwierigkeiten bei Stoffumwandlungen liegt darin, dass der Stoffbegriff bei den Schülern in der Sekundarstufe zu wenig entwickelt ist und sie nur unzureichend zwischen dem Stoff und dem Gegenstand bzw. der Stoffportion unterscheiden können. Dies führt wiederum zu Problemen beim Verständnis von Stoffeigenschaften, Aggregatzustandsänderungen, Lösungsvorgängen oder Stoffumwandlungen [LEERHOFF et al. 2003], (vgl. Kap. 5.2.2.).

Ein weiterer Grund für die Schwierigkeiten von Schülern beim Deuten chemischer Reaktionen ergibt sich daraus, dass häufig gasförmige Stoffe als Edukte und/ oder Produkte beteiligt sind. Gase sind für Schüler weniger existent als Feststoffe und Flüssigkeiten, werden also nicht als Stoffe angesehen, die einen Raum einnehmen und bestimmte Eigenschaften besitzen (vgl. Kap. 5.3.2.).

Daraus schlussfolgernd werden zu Beginn dieser Unterrichtskonzeption in der UE 2 „Körper und Stoffe“ die Begriffe Körper/ Gegenstand und Stoff eingeführt. Damit soll eine wichtige Grundlage für alle nachfolgenden Inhalte des Sachunterrichts und des späteren naturwissenschaftlichen Unterrichts der Sekundarstufe gelegt werden. Um Missverständnisse und Verstehensprobleme beim Gebrauch der Begriffe im Unterricht zu vermeiden, wird der Stoffbegriff klar vom Gegenstandsbegriff und von seiner Alltagsbedeutung (z.B. Textilstoff, Lehr- oder Lernstoff) abgegrenzt. Daran anknüpfend lernen die Schüler Stoffeigenschaften kennen, anhand derer Stoffe beschrieben und erkannt werden können. Dabei werden neben verschiedenen festen und flüssigen Alltagsstoffen auch gezielt gasförmige Stoffe aus der Lebenswelt der Schüler wie Luft, Kohlendioxid oder Feuerzeuggas einbezogen. Die Einführung dieser Stoffe erfolgt nacheinander in verschiedenen Unterrichtseinheiten, um ein Verständnis für Gase schrittweise zu vertiefen und zu erweitern.

Die Abgrenzung von Körpern und Stoffen sowie die Kenntnis von Stoffeigenschaften bilden wiederum eine wichtige Voraussetzung, um Stoffumwandlungen zu erkennen. Denn Schüler müssen in der Lage sein, aus dem Erscheinen veränderter Stoffeigenschaften auf die Entstehung neuer Stoffe zu schließen. Zur Vorentlastung des späteren Chemieunterrichts soll in dieser Konzeption bereits ein Verständnis für Stoffumwandlungen angebahnt werden. Dies erfolgt in der UE 7 „Stoffumwandlung“ am Beispiel des Verkohlens von Zucker, Milch und Holz, wobei die Entstehung von gasförmigen Stoffen vernachlässigt wird (vgl. Kap. 5.7.2.). Da die Schüler Kohlenstoff anhand seiner Eigenschaften als neu entstandenen Stoff erkennen sollen, wird dieser vorbereitend in der UE 2 „Körper und Stoffe“ eingeführt. Das Bekanntmachen mit Kohlenstoff erfolgt anknüpfend an die Alltagserfahrungen der Schüler, z.B. in Form von Grillkohle, Zeichenkohle, Kohletabletten oder Ruß. In diesem Zusammenhang kann wiederum das Verständnis für eine Unterscheidung von Körper und Stoff gefördert werden.

Um möglichen Fehlvorstellungen von Schülern in der Sekundarstufe beim Deuten von Stoffumwandlungen frühzeitig entgegenzuwirken, werden in dieser Konzeption gezielt die Unterschiede zwischen einer Stoffumwandlung und anderen (physikalischen) Vorgängen gegenübergestellt. Die dafür notwendigen Kenntnisse zu verschiedenen physikalischen Veränderungen von Stoffen, wie beispielsweise Zerteilen von Stoffen, Aggregatzustandsänderungen, Herstellen von Stoffgemischen und Trennen von Stoffen aus Gemischen werden in vorangehenden Unterrichtseinheiten vermittelt.



## 5. Beschreibung der Unterrichtseinheiten

### 5.1. Beschreibung der UE 1 „Forschen und Beobachten“



#### 5.1.1. *Lerninhalte/ Lernziele*

##### 1) Wissenschaftsverständnis

Die Schüler sollen

- den Beruf des Naturwissenschaftlers an ausgesuchten Beispielen beschreiben,
- die experimentelle Methode - als wichtiges Instrument des Forschungsprozesses und der Erkenntnisgewinnung - kennen lernen und anwenden.

##### 2) Einsatz der Sinnesorgane beim Beobachten von Experimenten

Die Schüler sollen

- die Sinnesorgane und -leistungen des Menschen bewusst erfahren und benennen,
- die Sicherheitsregeln beim Experimentieren kennen und einhalten,
- erfahren, dass schwarze (und andere) Filzstiftfarben in der Regel aus einem Gemisch verschiedener Farbstoffe bestehen (Papierchromatographie als erstes Schülerexperiment zur Motivation und ersten Anwendung der Sicherheitsregeln).

##### 3) Die Lupe als wichtiges Arbeitsmittel beim Untersuchen

###### Lupe als Vergrößerungsglas

Die Schüler sollen

- die Handhabung der Lupe erkunden und beschreiben,
- die Form kleiner Zuckerkristalle unter der Lupe betrachten und zeichnen,
- erfahren, dass Wassertropfen wie eine Lupe wirken können,
- die besondere Form von Lupenglas und Wassertropfen erkennen und beschreiben: „nach außen gewölbt und dicker als am Rand“ (Sammellinsenform),
- wissen, dass Lupenglas und Wassertropfen aufgrund dieser Form Gegenstände größer abbilden können,
- den Nahpunkt ihres Auges ermitteln und in diesem Zusammenhang etwas über die Funktion der Augenlinse erfahren (Anpassung an unterschiedliche Entfernungen der zu betrachteten Dinge durch Wölbung bzw. Abflachen der Augenlinse),
- erfahren, dass der Nahpunkt mit zunehmendem Alter vom Auge wegrückt und Lupen- bzw. Brillengläser beim Unterschreiten des Nahpunktes Abhilfe schaffen (Hilfsmittel zum „Scharfstellen“).

###### Lupe als Brennglas

Die Schüler sollen

- am Beispiel der Lupe optische Phänomene erfahren: geradlinige Ausbreitung des Lichts, Lichtbrechung, Lichtbündelung im Brennpunkt,
- mithilfe der Lichtbrechung erklären, warum eine Lupe als Brennglas eingesetzt werden kann,
- ihr neu erworbenes Wissen anwenden, um zu erklären, warum liegen gelassene Glasscherben Waldbrände verursachen können.



## 5.1.2. *Didaktische und methodische Aspekte*

### **Zu 1) Wissenschaftsverständnis**

Wissenschaftsverständnis bedeutet, etwas über die Natur oder das Wesen der Naturwissenschaften selbst zu lernen.

Ein Blick in die Rahmenpläne zeigt, dass eine Vermittlung von Wissenschaftsverständnis kaum oder zumindest nicht vordergründig thematisiert wird. In der Regel findet man in einleitenden Kapiteln unter der Überschrift „Didaktische Grundsätze“, „Beitrag des Faches“ o.Ä. allgemeine Hinweise, wie z.B.: „Wissenschaftsorientierung verlangt schließlich auch, Schule und Unterricht auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse zu gestalten, im Unterricht die Auswirkungen von wissenschaftlichen Erkenntnissen und Methoden zu bedenken und den Zusammenhang von Wissen und Gewissen zu erhellen“ [HE 1995, S. 28].

Lediglich die Pläne Bremens und Sachsens konkretisieren diese Thematik innerhalb der aufgeführten Lerninhalte:

„Wissenschaftsverständigkeit:

- die Bedeutung der Naturwissenschaften in der Kultur und Gesellschaft,
- Naturwissenschaftler/ Naturwissenschaftlerin als Beruf,
- Was bedeutet Forschen,
- Besuch von Veranstaltungen der Kinderuniversität oder eines Lernort Labors“ [BR 2007, S. 30].

„Gestalten von Experimenten zur Vertiefung eines naturwissenschaftlichen Zusammenhangs:

- gezielte Vorgehensweise,
- Ableiten von Erkenntnissen,
- Rückschau auf den Verlauf des Experiments“ [S 2004, S. 19].

Untersuchungen aus der Lern- und Lehrforschung zeigen, dass die Vermittlung von Wissenschaftsverständnis wichtig ist, um Fehlvorstellungen zur Bedeutung von Wissenschaft und Experimenten entgegenzuwirken. So meinen viele Schüler, Experimentieren im Unterricht diene ausschließlich dem Üben von Handfertigkeiten oder gewissen Techniken. Dass ein Experiment eine hypothesentestende Funktion hat, muss diesen Schülern erst nahegebracht werden [OSBORNE et al. 2003 aus GRYGIER 2005, S. 178]. Wissenschaft selbst wird häufig „als Aktivität (Herumprobieren, Sachen mischen) oder als einfaches ‚Ablesen‘ der Fakten aus der Natur“ verstanden [z.B. CAREY et al. 1989 aus SODIAN et al.].

Wissenschaftsverständnis ist aber auch bedeutsam, wenn es darum geht, naturwissenschaftlich denken zu lernen und naturwissenschaftliche Inhalte erfolgreich zu lernen. Studien haben gezeigt, dass es Schülern schwer fällt, naturwissenschaftliche Probleme zu durchdringen, anspruchsvollere Aufgaben zu lösen und ihr Wissen auf neue Situationen anzuwenden. SODIAN & KIRCHER sind der Auffassung, dass eine wesentliche Ursache für derartige Defizite fehlendes Wissenschaftsverständnis bei Schülern und vermutlich auch bei Lehrern ist [„BerliNews“ 12.03.2001].

Um das Wesen von Wissenschaft und die Arbeitsweise von Forschern zu verstehen und im Unterricht anzuwenden, müssen die Schüler bestimmte metakognitive Fähigkeiten erwerben. Zum Beispiel ist es wichtig, dass sie zwischen einer Idee (Theorie) oder Hypothese und den Experimentierergebnissen unterscheiden können. Denn erst dann können sie verstehen, dass Hypothesen und Theorien getestet und gegebenenfalls auch verändert oder revidiert werden müssen.

In der Differenzierung von Theorie und Evidenz (experimentelle Belege) liegt nach KUHNs Analyse das Hauptproblem bei Kindern und auch manchen Erwachsenen. Sie neigen dazu, so KUHN (1989), „Theorie und Evidenz zu einer skriptartigen Repräsentation ‚der Dinge, wie sie nun eben sind‘, zu vermischen.“ [SODIAN & THOERMER 2002, S. 106]

SODIAN & THOERMER fanden in ihren Untersuchungen heraus, dass Kinder dazu tendieren, „Theorien als praktische Handlungsanweisungen oder persönliche Meinungen zu trivialisieren.“ [SODIAN & THOERMER 2002, S. 112]. Laut neuerer entwicklungspsychologischer Literatur sind die Defizite von Kindern in Bezug auf wissenschaftliches Denken also auf der metakognitiven Ebene zu suchen (z.B. CAREY et al. 1989; KUHN et al. 1995) und nicht auf der Ebene des logischen Schließens bzw. des Begreifens kausaler Zusammenhänge. Die Kinder können zwar „empirische Evidenz nutzen, um Theorien und Hypothesen zu bilden, haben jedoch Schwierigkeiten, den Theorie-Evidenz-Bezug zu verstehen“ [SODIAN & THOERMER 2002, S. 106]. Aus diesem Grund fällt es den Kindern schwer zu begreifen, wie naturwissenschaftliches Wissen zustande kommt und wie es sich begründen lässt.

Ein Grund für die mangelnde Thematisierung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule ist dem Standpunkt der klassischen Entwicklungspsychologie zuzuschreiben: Denn laut PIAGET ist die Behandlung solcher wissenschaftstheoretischen Inhalte für Grundschulkinder zu abstrakt und daher nicht sinnvoll. Mittlerweile zeigen verschiedene Untersuchungen, dass bereits ältere Grundschüler mithilfe unterstützender Aufgaben durchaus in der Lage sind, notwendige metakognitive Fähigkeiten zu erwerben: Das bedeutet, dass sie zwischen Hypothese und Evidenz unterscheiden und „ein Grundverständnis der Logik der Hypothesenprüfung zeigen“. Sie können „bestätigende von nichtbestätigenden Tests unterscheiden“ und auch „experimentelle Daten kausal interpretieren und begründen“ [GRYGIER et al. 2007, S. 6 f.].

Weiterhin schließen GRYGIER et al. aus ihren Untersuchungen zum Wissenschaftsverständnis, dass Grundschulkinder abstrakte Begriffe besser lernen als bisher angenommen. Sie plädieren dafür, das Lernen über die Natur der Naturwissenschaften im Sinne eines Spiralcurriculums beginnend ab der 1. Klasse in den Sachunterricht zu integrieren [GRYGIER et al. 2007, S. 7 ff.].

Zwei Beispiele, wie unterschiedlich die Unterrichtskonzeptionen für die Primarstufe in den verschiedenen Ländern sein können: „Im englischsprachigen Raum wird von Anfang an die Vermittlung wissenschaftlicher Einstellungen (Objektivität, Fähigkeit zur Selbstkritik, Wunsch nach Wissenserwerb, Kooperationsbereitschaft etc.) sehr bewusst angestrebt. Auch das Reflektieren des wissenschaftlichen Vorgehens, also eine Metaebene, gehört grundsätzlich zum Science – Programm“ [STRUNK 1998, S. 273].

Der Lehrplan von Singapur beschreibt sogar sehr genau, welche kognitiv anspruchsvollen methodischen Leistungen (Variablenkontrolle, Hypothesenbildung und intelligente Versuchsplanung, Darstellung von Daten in Diagrammen etc.) ab dem 4. Schuljahr gelernt werden sollen. Anhand welcher Inhaltsbereiche dies empfohlen wird, gibt dieser Lehrplan dagegen kaum an [STRUNK 1998, S. 274].

Anliegen dieser hier vorliegenden Unterrichtskonzeption ist es, Wissenschaftsverständnis an konkreten und verschiedenen naturwissenschaftlichen Inhalten durch eine forschend-entwickelnde Unterrichtsgestaltung zu vermitteln. Insofern ist dieses Lernziel ein übergeordnetes, welches sich als „roter Faden“ durch alle acht Unterrichtseinheiten zieht. In dieser ersten Unterrichtseinheit sollen die Schüler zunächst mit allgemeinen Begriffen, wie Naturwissenschaftler bzw. Naturwissenschaften, Experiment und Hypothese sowie deren Bedeutung vertraut gemacht werden.

Am Beispiel einer konkreten Fragestellung („Warum bestreichen Enten ihr Gefieder regelmäßig mit Fett?“) werden die Schüler an die experimentelle Methode - als wichtiges Instrument des Forschungsprozesses und der Erkenntnisgewinnung - herangeführt. Im weiteren Verlauf der Unterrichtskonzeption sollen sie diese an weiteren Beispielen anwenden und zunehmend verinnerlichen.

Ein wesentlicher Schwerpunkt ist, die Schüler zu motivieren und zu befähigen, ihre Ideen und Vorstellungen zu äußern und miteinander zu diskutieren. Sie sollen lernen, gezielt Vermutungen aufzustellen, diese verständlich zu formulieren, Möglichkeiten der Überprüfung zu finden und aus den Versuchsergebnissen entsprechende Schlussfolgerungen zu ziehen.

## **Zu 2) Einsatz der Sinnesorgane beim Beobachten von Experimenten**

Die Behandlung der Sinnesleistungen bzw. –organe des Menschen findet sich in allen hier aufgezeigten Rahmenplänen wieder. Wobei die Pläne Bayerns, Hamburgs und Bremens zusätzlich Leistung und Aufbau eines Sinnesorgans - wahlweise Auge oder Ohr - thematisieren. In dieser ersten Unterrichtseinheit erfolgt eine Behandlung der menschlichen Sinne und Sinnesorgane, da diese beim Beobachten von Experimenten bewusst eingesetzt werden sollen. In diesem Zusammenhang werden die Schüler auch mit den Regeln zum sicheren Experimentieren (Schutz der Sinnesorgane) vertraut gemacht. Gleichzeitig dient die Beschäftigung mit den menschlichen Sinnen als Vorbereitung für den sich in der UE 2 „Körper und Stoffe“ anschließenden „Sinnesparcours“. Denn dort sollen die Schüler durch den gezielten Einsatz ihrer Sinnesorgane unterschiedliche Alltagsgegenstände und –stoffe erkennen.

Die Papierchromatographie, als spezielles Trennverfahren von Stoffgemischen, wird in den Lehrplänen für die Grundschule nicht thematisiert.

Trotzdem wird an dieser Stelle der Unterrichtskonzeption ein Schülerversuch dazu durchgeführt. Er dient weniger dem Kennenlernen einer speziellen Stofftrennungsmethode als vielmehr der Motivation und dem praktischen Tätigsein. Zu diesem Zweck scheint ein Versuch zur Papierchromatographie, auch „Farbenschreiben“ genannt, aus mehreren Gründen geeignet.

- Er kann als Einzelexperiment, also von jedem Schüler selbst, durchgeführt werden.
- Er ist relativ einfach in der Durchführung. Trotzdem üben die Schüler ihre haptischen Fähigkeiten.
- Er kann mehrmals wiederholt werden.
- Die Schüler erhalten ein „Produkt“, welches sie mit nach Hause nehmen können.
- Der Versuch hat einen hohen Motivationscharakter (Überraschungseffekt, ästhetisches Empfinden).

Darüber hinaus lässt sich die Methode des „Farbenschreibens“ als Gestaltungsmittel nutzen und kann im Kunst- oder Werkunterricht aufgegriffen werden.

## **Zu 3) Die Lupe als wichtiges Arbeitsmittel beim Untersuchen**

Lerninhalte in Bezug auf die Lupe werden in einigen wenigen Rahmenplänen in unterschiedlichen Zusammenhängen formuliert. Der Plan Hessens erwähnt das Betrachten mit der Lupe unter dem Aspekt „Sinneserfahrungen machen“ im Lernfeld „Körper“ [HE 1995, S. 140]; Thüringens Lehrplan innerhalb des Inhaltschwerpunktes „Bäume und Sträucher in allen vier Jahreszeiten“. Im hessischen Lehrplan findet sich zum Lernfeld „Wasser“ außerdem noch ein Vermerk: „Lupenwirkung eines Wassertropfens entdecken“ [T 1999, S. 137].

Die Behandlung der Lupe als Brennglas bzw. im Zusammenhang mit optischen Phänomenen wird in zwei Rahmenplänen aufgeführt. Während der bayerische Lehrplan die Lupe als Beispiel für die Bündelung von Licht innerhalb des Bereiches „Optische oder akustische Phänomene“ [B 2000, S. 194] vorschlägt, findet sich im hessischen Lehrplan ein kurzer Hinweis im Lernfeld „Technik“: Hier sollen die Schüler unter dem Aspekt „Nutzen von Energie“, „spielerische Erfahrungen mit Wind/ Wasser/ Sonnenlicht (Brennglas) sammeln“ [HE 1995, S. 133].

Der Lehrplan Baden-Württembergs verweist im Kapitel „Verbindliche Experimente für die Klassen 3 und 4“ auf die Durchführung eines Experiments zum Thema Licht: „geradlinige Ausbreitung, Streuung, Bündelung, ...“ [BW 2004, S. 110]. Die Lupe - als konkretes Beispiel - wird allerdings nicht erwähnt.

In dieser Unterrichtseinheit sollen die Schüler die Lupe als wichtiges Arbeitsmittel beim Untersuchen kennen lernen und einsetzen. Da ein wesentliches Ziel dieser hier vorliegenden Unterrichtskonzeption ist, den Schülern einen tiefer gehenden Einblick in die stoffliche Welt zu ermöglichen, werden den Schülern gezielt Materialien (Stoffe), z.B. kleine Zuckerkristalle, zum Betrachten mit der Lupe gereicht. Auf die dabei u.a. gemachte Beobachtung, dass jeder einzelne Kristall für sich eine bestimmte Form besitzt, wird in der UE 2 „Körper und Stoffe“ beim Einordnen pulverförmiger Stoffe als Feststoffe Bezug genommen.

Nebenbei haben die Schüler auch Gelegenheit, die Schönheit und Ästhetik der stofflichen Welt, die im Alltag meist unbeachtet bleibt, nun im detaillierten Betrachten wahrzunehmen.

Die Einbeziehung des Phänomens „Lupenwirkung eines Wassertropfens“ in diese Unterrichtseinheit dient im Rahmen eines forschend-entwickelnden Unterrichts dazu, die nach außen gewölbte Form von Lupenglas und Wassertropfen als Gemeinsamkeit und Ursache für das vergrößerte Abbilden von Gegenständen zu entdecken. Eine weiter reichende wissenschaftliche Erklärung dieses optischen Phänomens mithilfe des Lichtstrahlenmodells erscheint für Schüler dieser Altersstufe zu abstrakt und ist daher nicht vorgesehen.

Der Versuch zur Bestimmung des Nahpunktes unseres Auges ist als Ergänzung gedacht und stellt eine Möglichkeit dar, biologische Themen (Aufbau, Funktion des Auges) mit physikalischen (Funktion und Verwendung von Sammellinsen bei Lupen oder Brillen) zu verbinden.

Anknüpfend an die Behandlung der Lupe als Vergrößerungsglas erfolgt abschließend in dieser Unterrichtseinheit die Erkundung des optischen Phänomens der Lichtbrechung und –bündelung in Bezug auf die Lupe als Brennglas. Ausgangspunkt ist die Problemfrage: „Warum kann man mit einer Lupe und Sonnenstrahlen ein Streichholz entzünden?“. Mithilfe von Versuchen kann den Schülern veranschaulicht werden, dass Lichtstrahlen, die von der Sonne auf die Erde treffen, geradlinig und nahezu parallel zueinander verlaufen. Weiter kann den Schülern gezeigt werden, dass diese Lichtstrahlen beim Hindurchtreten durch ein Lupenglas abgelenkt werden und zwar so, dass sie sich in einem Punkt schneiden - dem so genannten Brennpunkt. Die Beobachtungen sollen den Schülern helfen, die Brennglaswirkung auch ohne Einführung des Lichtstrahlenmodells bzw. der Geometrischen Optik zu verstehen und erklären zu können. Eine Anwendung des Phänomens sowie der Aspekt der Sicherheitserziehung werden unter der Fragestellung „Warum können Glasscherben Waldbrände verursachen?“ verfolgt.

Ergänzend sei erwähnt, dass im Rahmen dieser Unterrichtskonzeption auch nach Verknüpfungsmöglichkeiten von Lerninhalten aus unterschiedlichen Themenbereichen gesucht wird. Dies erscheint sinnvoll, da viele Rahmenpläne für den Sachunterricht in der Grundschule eine erhebliche „Stofffülle“ aufweisen.



### 5.1.3. Möglicher Unterrichtsverlauf

Die Beschreibung eines möglichen Unterrichtsverlaufs strukturiert sich in Form von Doppelstunden. Wesentliche Unterrichtsabschnitte werden zunächst in einer Tabelle dargestellt. Dabei werden folgende Abkürzungen benutzt: AM: Anschauungsmittel, EA: Einzelarbeit, GA: Gruppenarbeit, HA: Hausaufgabe, L: Lehrer, LD: Lehrerdemonstration, LDE: Lehrerdemonstrationsexperiment, LV: Lehrervortrag, PA: Partnerarbeit, S: Schüler, SB: Schülerarbeitsblatt, SDE: Schülerdemonstrationsexperiment, SE: Schülerexperiment, ST: Schülertätigkeit, UE: Unterrichtseinheit, UG: Unterrichtsgespräch.

Im Anschluss an jede Tabelle werden einzelne Unterrichtsabschnitte (mit \* markiert) detaillierter beschrieben, insbesondere die Durchführung von Experimenten und Erfahrungen aus der Unterrichtserprobung (gekennzeichnet durch: ► **Aus der Praxis:**).

1. Doppelstunde		
<b>Lerninhalte/ Lernziele:</b> <b>1) Wissenschaftsverständnis</b> Die Schüler sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>den Beruf des Naturwissenschaftlers an ausgesuchten Beispielen beschreiben,</li> <li>die experimentelle Methode - als wichtiges Instrument des Forschungsprozesses und der Erkenntnisgewinnung - kennen lernen und anwenden.</li> </ul> <b>2) Einsatz der Sinnesorgane beim Beobachten von Experimenten</b> Die Schüler sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>die Sinnesorgane und -leistungen des Menschen bewusst erfahren und benennen,</li> <li>die Sicherheitsregeln beim Experimentieren kennen und einhalten,</li> <li>erfahren, dass schwarze (und andere) Filzstiftfarben in der Regel aus einem Gemisch verschiedener Farbstoffe bestehen (Papierchromatographie als erstes Schülerexperiment zur Motivation und ersten Anwendung der Sicherheitsregeln).</li> </ul>		
Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Wissenschaftsverständnis</b>  1.1. Aufgabe und Bedeutung der Naturwissenschaften         1.2. Experimentieren als Methode der Erkenntnisgewinnung	<u>UG, mögliche L-Impulse:</u> - „Womit beschäftigen sich Naturwissenschaftler von Beruf?“, - „Was erforschen Naturwissenschaftler zum Beispiel?“, - „Wie arbeiten Naturwissenschaftler?“, - „Wozu machen sie Experimente?“, - „Was ist ein Experiment?“, - „Was sind Hypothesen?“.  - mögliche Recherche und Präsentation von S zu bedeutenden Naturwissenschaftlern  - Vorstellung der Methode durch L an einer konkreten Fragestellung, z.B.: „Warum bestreichen Vögel ihr Gefieder regelmäßig mit Fett?“	<i>SB S. 1 - 3:</i> <i>„Naturwissenschaftler erforschen die verschiedenen Tier- und Pflanzenarten auf der Welt (S. 1), die Vergangenheit (S. 2), den Weltraum (S. 3)“</i> <i>SB S. 4 „Nobel und Einstein – zwei berühmte Wissenschaftler“</i>         LDE, siehe SB S. 5 „Wie arbeiten Naturwissenschaftler?“, Aufgabe 2
<b>2. Sinnesorgane und -leistungen des Menschen</b> 2.1. Problemgewinnung	forschend-entwickelnd:  - anknüpfend an vorherigen Unterrichtsabschnitt mögliche Überleitung zur Problemfrage durch den L, z.B.: „Beim Durchführen von Experimen-	



Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p><u>Problemfrage:</u> „Welches sind die menschlichen Sinnesorgane?“</p> <p>2.2. Aufstellen von Vermutungen</p> <p>Überprüfen der Vermutungen durch ein Experiment</p> <p>2.3. Durchführen des Experimentes</p> <p>2.4. Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse</p> <p><u>Problemlösung</u></p> <p>2.5. Wissenssicherung</p>	<p>ten müssen Naturwissenschaftler genau beobachten, was passiert. Beim Beobachten werden z.B. Lebewesen, Dinge oder Erscheinungen gezielt mit den Sinnesorganen wahrgenommen.“</p> <p>- Aufwerfen der Problemfrage durch den L</p> <p>- S unterstreichen im Gedicht die vermuteten Sinnesorgane.</p> <p>- Zusammentragen der Vermutungen, Festhalten an der Tafel</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b> Zunge, Beine, Ohr, Zehe, Mund, Hände, Knie, Nase</p> <p>- L löst mit einfachen Hilfsmitteln bei S unterschiedliche Empfindungen/ Reize aus.</p> <p>- S sitzen im Stuhlkreis, erfahren aktiv und bewusst die menschlichen Sinne.</p> <p>- UG, mögliche Unterstützung durch Bildkarten</p> <p><u>Sinnesorgane und -leistungen des Menschen:</u></p> <p>- Ohr (hören), Nase (riechen), Haut (fühlen), Zunge (schmecken), Auge (sehen),</p> <p>- L weist S darauf hin, dass auch Gerüche, Geräusche und Geschmack Beobachtungen sind.</p> <p>- zusammengefasste Wiederholung, ST (EA)</p> <p>- Anwendung/ Festigung, ST (EA)</p>	<p>SB S. 6 „Unsere Sinnesorgane“, Aufgabe 1</p> <p>LDE:</p> <p>- läutet eine Glocke, </p> <p>- zündet Räucherstäbchen an und hält es in die Runde,</p> <p>- streicht mit einer Feder über Gesicht, Hände, Arme, ... der S,</p> <p>- steckt S ein Gummibärchen in den Mund, </p> <p>- zündet Wunderkerze an, wobei S die Augen öffnen sollen.</p> <p>AM S. 1 - 3</p> <p>SB S. 7 „Unsere Sinnesorgane“, Aufgabe 2</p> <p>SB S. 7, Aufgabe 3</p> <p>SB S. 8 „Sicherheitsregeln beim Experimentieren“</p> <p>SB S. 9 „Mit einem schwarzen Stift bunte Bilder malen“ SE (EA)</p>
<b>3. Einführung der Sicherheitsregeln beim Experimentieren</b>	- LV/ UG: Schutz der Sinnesorgane ist beim Experimentieren wichtig.	
<b>4. Papierchromatographie (Farbenschreiben)*</b>	- erstes SE zur Motivation	
	- S wenden Sicherheitsregeln beim Experimentieren an.	



## Zu 4. Papierchromatographie („Farbenschreiben“)

### Materialien (Variante a)

pro Schüler:

- weißes, rundes Filterpapier (Bild 1) oder Schere, Zirkel bzw. Kreisschablone, weiße Kaffeefiltertüte zum Anfertigen runder Filterstücke),
- Unterlage für das Filterpapier (Schale, Teller),
- Pipette (z.B. aus Medizinfläschchen oder Kunststoffpipetten aus dem Lehrmittelkatalog).

Pro Schülerpaar/ Bank:

- Glas mit Wasser,
- schwarzer, wasserlöslicher Filzstift (ergänzend auch andere Filzstiftfarben möglich, die vorher getestet werden sollten, da die Farbstoffzusammensetzung variieren kann),
- Papiertücher/ Handtuch.

(pro Klasse mehrere Föhne)

### Durchführung (Variante a)

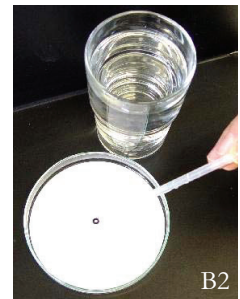
siehe SB S. 9 „Mit einem schwarzen Stift bunte Bilder malen“, Aufgabe 1

Der Umgang mit der Pipette sollte vorweg geübt werden: „Wie füllt man die Pipette mit Wasser?“ und „Wie kann man mit der Pipette vorsichtig Wasser tropfen lassen?“ Wichtige Hinweise für die Schüler:

Je feiner und genauer man arbeitet, desto schöner ist das Ergebnis. Es sollte ein schwarzer Kreis und nicht ein dicker schwarzer Punkt gezeichnet werden. Es darf jeweils nur ein Tropfen Wasser und zwar möglichst genau auf den schwarzen Kreis gebracht werden (Bild 2). Erst, wenn das Wasser aufhört zu fließen, kann der nächste Tropfen folgen. Ist das Filterpapier bis zum Rand mit Wasser vollgesogen, beendet man das Pipettieren. Das Papier sollte nicht im Wasser ‚schwimmen‘, da die Farben auf dem Papier dann so verblassen, dass man sie kaum noch erkennen kann. Mithilfe eines Föhns kann das fertige Filterpapier getrocknet und gleich im Anschluss auf das Schülerarbeitsblatt geklebt werden (siehe SB S. 9, Aufgabe 2).



B1



B2

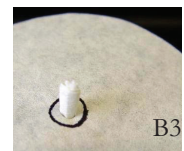
### Materialien (Variante b)

pro Schüler:

- siehe Variante a), aber statt Pipette einen Docht aus Filterpapier.

### Durchführung (Variante b)

In das runde Filterpapier wird in der Mitte ein Loch (ca. 0,5 cm) ausgestochen, z.B. mit einer Bleistiftspitze. Um dieses Loch herum zeichnet man mit dem wasserlöslichen Farbstift einen kleinen Kreis (Bild 3). Das Wasser wird hier nicht mit einer Pipette auf das Filterpapier getropft. Stattdessen verwendet man einen Docht. Der Docht wird aus einem kleinen Stück Filterpapier gerollt. Anschließend steckt man ihn durch das Loch im Rundfilter. (Das Loch darf nicht zu groß sein.) Nun wird das Filterpapier mit dem festgesteckten Docht so auf das Glas bzw. Schälchen gesetzt, dass der Docht ins Wasser reicht (Bild 4).



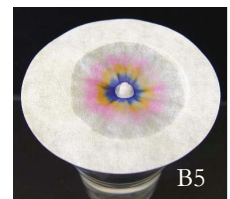
B3



B4

### Beobachtung und Auswertung (Variante a und b)

Das Wasser fließt auf dem Filterpapier von der Mitte nach außen und trennt dabei das schwarze Farbstoffgemisch auf. Es entstehen verschiedenfarbige Kreise (Bild 5). Bei Variante b steigt das Wasser zunächst im Docht auf und fließt dann von der Mitte des Rundfilters nach außen.



B5

### ► Aus der Praxis:

Das Ergebnis wird bei Versuchsvariante b) meist schöner als beim Pipettieren. Denn beim Pipettieren gelingt es den Kindern nicht immer optimal, eine kleine Menge Wasser gezielt auf den Mittelpunkt zu tropfen. Da den Schülern der Umgang mit der Pipette allerdings viel Spaß macht und sie sich darin üben können, empfiehlt sich bei ausreichender Zeit die Durchführung beider Versuchsvarianten.

## 2. Doppelstunde

### Lerninhalte/ Lernziele:


#### 3) Die Lupe als wichtiges Arbeitsmittel beim Untersuchen

##### Lupe als Vergrößerungsglas

Die Schüler sollen

- die Handhabung der Lupe erkunden und beschreiben,
- die Form kleiner Zuckerkristalle unter der Lupe betrachten und zeichnen,
- erfahren, dass Wassertropfen wie eine Lupe wirken können,
- die besondere Form von Lupenglas und Wassertropfen erkennen und beschreiben: „nach außen gewölbt und dicker als am Rand“ (Sammellinsenform),
- wissen, dass Lupenglas und Wassertropfen aufgrund dieser Form Gegenstände größer abbilden können,
- den Nahpunkt ihres Auges ermitteln und in diesem Zusammenhang etwas über die Funktion der Augenlinse erfahren (Anpassung an unterschiedliche Entfernungen der zu betrachteten Dinge durch Wölbung bzw. Abflachen der Augenlinse),
- erfahren, dass der Nahpunkt mit zunehmenden Alter vom Auge wegrückt und Lupen- bzw. Brillengläser beim Unterschreiten des Nahpunktes Abhilfe schaffen (Hilfsmittel zum „Scharfstellen“).

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Einstieg: Lupe als wichtiges Arbeitsmittel beim Untersuchen</b> 1.1. Naturwissenschaftler nutzen verschiedene Arbeitsmittel  1.2. Handhabung der Lupe *  1.3. Betrachten von kleinen Zuckerkristallen unter der Lupe und Anfertigung einer Zeichnung	<u>Anknüpfung an vorangegangene Doppelstunde, z.B.:</u> - UG, L-Impuls: „Wenn die Sinnesorgane zum Beobachten nicht ausreichen, nutzen Naturwissenschaftler Arbeitsgeräte und Hilfsmittel.“ - S nennen Beispiele. - möglicher Einsatz des SB, ST (EA)  - S erkunden Handhabungsmöglichkeiten der Lupe (EA).  - ST (EA) - mögliche Unterstützung durch Einsatz eines Mikroskops und Vergleichen der kleinen Zuckerkristalle mit einem Stück Kandiszucker	<i>SB S. 10 „Die Lupe – ein wichtiges Hilfsmittel beim Forschen, Aufgabe 1</i>  <i>SB S. 10 „Die Lupe – ein wichtiges Hilfsmittel beim Forschen“, Aufgabe 2</i> Lupen  <i>SB S. 10 „Die Lupe – ein wichtiges Hilfsmittel beim Forschen“, Aufgabe 3</i> Lupen, (Mikroskop), feiner Zucker, Kandiszucker
<b>2. Sammellinsenform des Lupenglases als Ursache der vergrößernden Abbildung von Gegenständen</b> 2.1. Problemgewinnung <u>Problemfrage:</u> „Warum lässt eine Lupe Gegenstände größer erscheinen?“  2.2. Aufstellen von Vermutungen *  Überprüfen der Vermutungen durch Untersuchungen bzw. Experimente	forschend-entwickelnd:  - Aufwerfen der Frage durch L  - Einholen der Schülervermutungen durch den L - Diskussion, ggf. Präzisierung von Vermutungen durch S - gemeinsames Suchen nach Überprüfungsmöglichkeiten	

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
2.3. Durchführen von Untersuchungen/Experimenten *	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Untersuchen eines Lupenglases und Vergleich mit anderen Gläsern</li> <li>- Entdecken des Phänomens „Lupenwirkung eines Wassertropfens“</li> <li>- Erkunden und Vergleichen der Form von Lupenglas und Wassertropfen</li> </ul>	SE (EA) SB S. 11 „Die Wasserlupe“ SB S. 12 „Warum lassen Lupenglas und Wassertropfen Gegenstände größer erscheinen?“, Aufgaben 1 - 3
2.4. Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse <u>Problemlösung</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herausstellen, dass die nach außen gewölbte Form (Sammellinsenform) von Lupenglas und Wassertropfen die Ursache für die vergrößernde Wirkung ist</li> </ul>	
2.5. Wissenssicherung *	<u>Wiederholung:</u> S ergänzen Lückentext. <u>Anwendung:</u> „Warum sehen Dinge in einem runden Glas mit Wasser größer aus?“  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lernzielkontrolle</li> </ul>	SB S. 12, Aufgabe 4  LDE (als Impulsgebung)  SB S. 13 „Kontrolle“
<b>3. Nahpunkt des Auges (Ergänzungsthema)</b>  3.1. Phänomen: „Sehr nahe Gegenstände erscheinen unscharf.“  3.2. Anpassung der Augenlinse an unterschiedliche Entfernungen  3.3. Lupe als Hilfsmittel zum „Scharfstellen“  3.4. Brillengläser für Altersweitsichtigkeit als Lesehilfe	<u>L-Impuls:</u> „Wozu braucht man eine Lupe? Genügt es nicht, kleine Gegenstände ganz dicht vor das Auge zu halten?“ <ul style="list-style-type: none"> <li>- S entdecken, dass man Gegenstände nicht unbegrenzt dicht vor das Auge halten kann, wenn man diese noch scharf erkennen will.</li> <li>- S ermitteln ihren persönlichen Nahpunkt.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S lesen Informationstext. (LV)</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S erfahren, dass man bei Unterschreiten des Nahpunktes den Gegenstand mit einer Lupe (Linse) „scharf stellen“ kann.</li> </ul> <u>Festigung/ Problemerkweiterung:</u> S ermitteln Nahpunkte älterer Familienmitglieder und vergleichen alle Werte mit dem eigenen.  <u>spätere Auswertung im UG:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ergebnis: Mit zunehmendem Alter rückt der Nahpunkt vom Auge weiter weg,</li> <li>- Betrachten der Sammellinsenform von Brillen.</li> </ul>	SE (EA), siehe SB S. 14 „Der Nahpunkt“, Aufgabe 1  SE (PA), siehe SB S. 14, Aufgabe 2  SB S. 14, Aufgabe 3  SE (EA), siehe SB S. 14, Aufgabe 4  SB S. 15 „Der Nahpunkt“, Hausaufgabe, Aufgaben a) - c)  Brillen für Altersweitsichtigkeit (z.B. in Drogerien erhältlich) 

## Zu 1.2. Handhabung der Lupe

### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung entdeckten manche Schüler, dass Gegenstände durch die Lupe auch verkleinert aussehen und ‚auf dem Kopf stehen‘ können. Irritiert fragten die Schüler: „Wie funktioniert das?“; „Ist das Zufall und geht nur manchmal?“ oder „Geht das nur mit bestimmten Lupen?“ Eine Erklärung dieses Phänomens mit Hilfe der geometrischen Optik und des Lichtstrahlen-Modells erschien in Anbetracht der gegebenen (vielmehr nicht gegebenen) Lernvoraussetzungen nicht sinnvoll.

Deshalb wurde den Schülern zunächst nur mitgeteilt, dass eine Lupe tatsächlich Gegenstände (Objekte) verkleinert und umgedreht abbilden kann. Womit könnte das zusammenhängen? Die Kinder wurden aufgefordert, den Abstand zwischen Lupe und Objekt zu variieren und fanden dabei heraus, dass diese Erscheinung nur bei großem Abstand zwischen Lupe und Objekt zu beobachten ist. Schlussfolgerung: Wie uns der Gegenstand erscheint, hängt vom Abstand zwischen Lupe und Objekt ab. Aus diesem Grund ist eine richtige Handhabung der Lupe wichtig. Die ganz neugierigen Schüler wurden auf den späteren naturwissenschaftlichen Unterricht vertröstet.

## Zu 2.2. Aufstellen von Vermutungen

### ► Aus der Praxis:

In einer Unterrichtsgruppe, in der die Schüler mündlich befragt wurden, entwickelte sich folgendes Unterrichtsgespräch.

L: „Warum lassen Lupen Gegenstände größer erscheinen? Was vermutet ihr?“

S1: „Weil sie so schön durchsichtig sind.“

S2: „Ich glaube, weil die Lupe andere Gläser hat: anders als z.B. ein Spiegel.“

S3: „Ich möchte noch was zu S1 sagen. Nur weil die Lupe durchsichtig ist, glaub ich nicht, denn durch die Fenster gucken wir ja auch und die sind durchsichtig. Und dadurch wird es ja nicht größer.“

S4: „Ich hab das schon mal gesehen: Die Lupen haben Gläser und die Gläser sind ja gebogen, dass die das dann so bündeln. Und deshalb sieht man Dinge größer.“

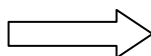
In den anderen Unterrichtgruppen wurden die Schüler dazu schriftlich befragt. Folgende Vermutungen wurden geäußert:

- a) „Weil die Lupe ein bestimmtes/ anderes Glas/ Vergrößerungsglas hat.“  
(mögliche Präzisierung durch S im UG)
- b) „Weil das Lupenglas so dick stark ist.“
- c) „Weil das Lupenglas aus zwei/ mehreren Gläsern besteht.“
- d) „Weil das Lupenglas eine besondere Form hat: gebogen/ gekrümmt/ gewellt/ gewölbt.“

## Zu 2.3. Durchführen von Untersuchungen/ Experimenten

Zur Überprüfung der Vermutungen b), c) und d), siehe Kasten, können z.B. folgende Untersuchungen bzw. Versuche durchgeführt werden:

- b) Untersuchen und Vergleichen von dünnen und dicken Glasscheiben in Bezug auf eine vergrößernde Wirkung (z.B. Deckgläschen und Objektträger)
- c) Auseinanderbauen einer einfachen Leselupe (Bild 1) und Untersuchen des Lupenglases (Bild 2); und/ oder Übereinanderlegen zweier Glasscheiben und auf vergrößernde Wirkung prüfen:



d) mithilfe des Phänomens „Lupenwirkung eines Wassertropfens“ :

Mithilfe des Phänomens „Lupenwirkung eines Wassertropfens“ und eines anleitenden Schülerblattes (SB S. 11 „Die Wasserlupe“) sollen die Schüler möglichst selbstständig herausfinden, dass die nach außen gewölbte Form des Lupenglasses Ursache für die vergrößernde Wirkung ist. Damit wird die Schülervermutung d), siehe Kasten, bestätigt. Zunächst sollen die Schüler das Phänomen „Lupenwirkung eines Wassertropfens“ durch folgenden Versuch entdecken.

#### Materialien

pro Schüler:

- Schere,
- Pappe,
- Klarsichtfolie oder Kopierfolie,
- klein geschriebener Text.

pro Schülerpaar/ Bank:

- Klebestreifen,
- Pipette,
- Glas mit Wasser.

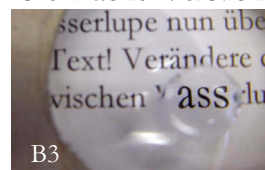
#### Durchführung

siehe SB S. 11 „Die Wasserlupe“, Aufgaben 1a und b (Auf Aufgabe 1 a kann verzichtet werden, wenn den Schülern vorbereitete Papplupen gereicht wird.)

Das Wasser wird direkt auf das Stück Folie getropft, so dass ein größerer Wassertropfen entsteht. Die „Wasserlupe“ wird über einen klein geschriebenen Text gehalten, der durch den Wassertropfen betrachtet wird. Der Abstand zum Text kann variiert werden. (Als einfache Versuchsvariante kann das Wasser auch direkt auf ein handlich geschnittenes Stück Folie getropft und dann als „Wasserlupe“ genutzt werden.)

#### Beobachtung

Schaut man durch den Wassertropfen, so erscheinen die Buchstaben vergrößert (Bild 3).

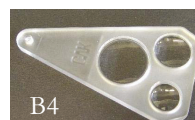


Das Phänomen „Lupenwirkung eines Wassertropfens“ wird nun genutzt, um eine Erklärung auf die Problemfrage „Warum lässt eine Lupe Gegenstände größer erscheinen?“ zu finden. Dazu sollen die Schüler die Form von Lupenglas und Wassertropfen in der Seitenansicht erkunden und miteinander vergleichen:

#### Materialien

pro Schüler:

- Lupe (Bild 4),
  - Wassertropfen auf Folie (aus dem vorangegangenen Versuch).
- (pro Klasse größeres Lupenglas zum Herumreichen, Bild 5)

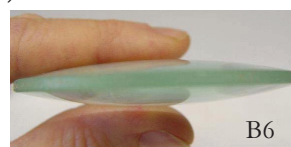


#### Durchführung

Die Schüler lösen selbstständig die Aufgaben 1, 2 und 3 auf dem SB S. 12 „Warum lassen Lupenglas und Wassertropfen Gegenstände größer erscheinen?“ (Erkunden, Vergleichen, Zeichnen der Form von Lupenglas und Wassertropfen in der Seitenansicht).

#### Beobachtung und Auswertung

Lupenglas (Bild 6) und Wassertropfen (Bild 7) haben eine nach außen gewölbte Form. Sie sind in der Mitte dicker als am Rand.



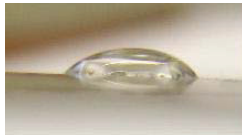
#### ► Aus der Praxis:

Die Schüler erkannten die wesentliche Gemeinsamkeit von Lupenglas und Wassertropfen und beschrieben diese in Aufgabe 3 mit ihren eigenen Worten: „Die sind beide so gebogen, rundlich.“; „Beide haben eine huckelige Form.“; „Sie sind in der Mitte beide gekrümmt.“; „Sie sehen beide aus wie ein Halbkreis.“



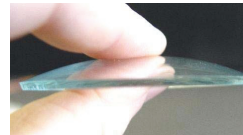
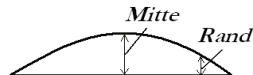
### Didaktisch-methodische Hinweise:

Der Lehrer führt die Bezeichnungen „nach außen gewölbt“ und „dicker als am Rand“ ein. Diese besondere Form (Sammellinsenform) wird als Ursache für die vergrößernde Wirkung bekannt gegeben. Auf das entscheidende Kriterium „in der Mitte dicker als am Rand“ (Bild 8) sollten die Schüler im besonderen Maße hingewiesen werden. Anschaulich gelingt dies z.B. durch den Einsatz eines Urgläschens. Die Form des Urgläschens ist ebenfalls gewölbt. Wenn man jedoch hindurchschaut, erscheinen die Gegenstände nicht vergrößert. Ursache: Das gesamte Urgläschen besitzt die gleiche Stärke („es ist überall gleich dick“). Somit hat es nicht die typische Sammellinsenform wie Lupenglas und Wassertropfen (Bild 9).



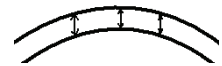
Form des Lupenglases und Wassertropfens in der Seitenansicht

B8



Form eines Urgläschens in der Seitenansicht

B9



### Zu 3.5. Wissenssicherung

Als Anwendungsaufgabe sollen die Schüler mit ihrem neu erworbenen Wissen ein bekanntes Alltagsphänomen erklären: „Warum sehen Dinge in einem runden Glas mit Wasser größer aus?“ Dazu können die Schüler einen Gegenstand (z.B. Steine, Strohalm, Löffel) oder einen Finger in ein rundes Wasserglas halten (steht noch aus den vorangegangenen Versuchen auf den Tischen). Um die Schüler beim Finden der Erklärung zu unterstützen, kann folgende Demonstration als Impuls eingesetzt werden:

#### Materialien

pro Klasse:

- durchsichtiges Gefäß mit abgerundeten Ecken (Küchenutensil), mit Wasser gefüllt.

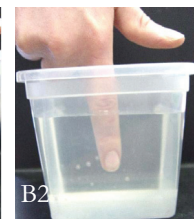
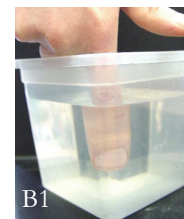
#### Durchführung

Der Lehrer hält einen Gegenstand (oder einen Finger) in das Gefäß. Die Schüler sollen diesen von unterschiedlichen Seiten aus betrachten.

#### Beobachtung und Auswertung

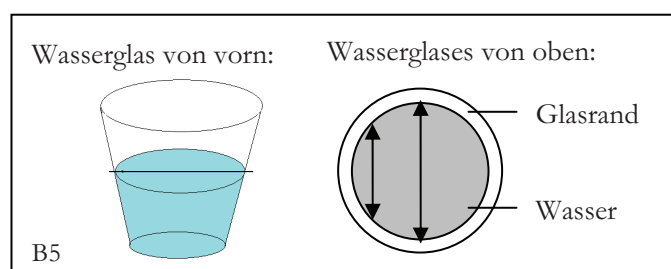
Betrachtet man den Finger von der abgerundeten Seite aus, so sieht er größer aus (Bild 1). Betrachtet man ihn von der geraden Seite aus, so erscheint er in normaler Größe (Bild 2).

Wasser erhält in einem runden Gefäß eine nach außen gewölbte Form, in der Mitte dicker als am Rand. Dadurch erscheinen Gegenstände in einem runden Wasserglas größer.



### Didaktisch-methodische Hinweise:

Zur Unterstützung kann eine entsprechende Skizze an der Tafel angefertigt werden (Bild 5).





### 3. Doppelstunde

#### Lerninhalte/ Lernziele:



#### 3) Die Lupe als wichtiges Arbeitsmittel beim Untersuchen

##### Lupe als Brennglas

Die Schüler sollen:

- am Beispiel der Lupe optische Phänomene erfahren: geradlinige Ausbreitung des Lichts, Lichtbrechung, Lichtbündelung im Brennpunkt,
- mithilfe der Lichtbrechung erklären, warum eine Lupe als Brennglas eingesetzt werden kann,
- ihr neu erworbenes Wissen anwenden, um zu erklären, warum liegen gelassene Glasscherben Waldbrände verursachen können.

**Hinweis:** Die gesamte Doppelstunde erfolgt in Form einer forschend-entwickelnden Vorgehensweise.

Unterrichtsabschnitte	Didaktisch- methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Problemgewinnung *</b>  <u>Problemfrage:</u> „Warum kann man mit einer Lupe und Sonnenstrahlen ein Streichholz entzünden?“	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zeigen des Phänomens „Entzünden eines Streichholzes mithilfe einer Lupe“ (Durchführung im Freien sinnvoll)</li> <li>- Ableiten der Problemfrage durch S bzw. L</li> </ul>	LDE 1: - Streichholz auf feuerfeste Unterlage legen und mit einer Hand festhalten, - Lupe mit größerem Durchmesser (z.B. Leselupe aus Drogeriemärkten) so positionieren, dass der Streichholzkopf genau im Brennpunkt liegt (winziger, strahlender Lichtpunkt).
<b>2. Konkretisieren der Problemfrage</b>  2.1. Formulieren der Teilfrage: „Wie/ Warum entsteht dieser winzige und strahlende Lichtpunkt?“  2.2. Formulieren der Teilfrage: „Warum entzündet sich in diesem Lichtpunkt das Streichholz?“  Antwortsuche mittels Experiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mehrmaliges Wiederholen des LDE, wobei der Abstand zwischen Lupe und Streichholzkopf variiert wird</li> <li>- S sollen genau beobachten und erkennen, dass sich der Streichholzkopf nur dann entzündet, wenn der Abstand zur Lupe so gewählt wird, dass:</li> <li>- ein winzig kleiner, strahlend heller Lichtpunkt entsteht und</li> <li>- sich der Streichholzkopf genau in diesem Lichtpunkt befindet.</li> <li>- Ableiten der Teilfragen 2.1 und 2.2.</li> </ul>	LDE 1 
<b>3. Durchführen von Experimenten</b> 3.1. Sichtbarmachen der Lichtbrechung und -bündelung im Brennpunkt *  3.2. Im Brennpunkt wird es heiß.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UG parallel zur Durchführung der Experimente, Steuerung durch L</li> <li>- UG, anknüpfend an 3.1.</li> <li>- S erzeugen mittels Lupe den Brennpunkt auf einem Papier.</li> <li><u>Zusatz:</u></li> <li>- S erzeugen mittels Lupe den Brennpunkt auf der Hand (freiwilliges SE),</li> <li>- S spüren die Hitze im Brennpunkt,</li> <li>- Vorsicht vor Verbrennungen, Belehrung durch L.</li> </ul>	LDE 2 Sonne/ Diaprojektor, präparierter Schuhkarton, Lupe  SE (EA), siehe SB S. 16 „Warum kann man mit einer Lupe und Sonnenstrahlen ein Streichholz entzünden?“ Aufgabe 1 

Unterrichtsabschnitte	Methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
3.3. Sammellinsenform als Ursache für die Lichtbündelung *	- Zeigen der Lichtbündelung durch ein rundes Wasserglas	LDE 3
<b>4. Problemlösung</b>	<u>Beantworten der Problemfrage mit-hilfe der Beobachtungsergebnisse und des SB:</u> - S lesen Informationstext, - S zeichnen Beobachtungen, - S beantworten Problemfrage mit-hilfe der Zeichnung.	<i>SB S. 16 „Warum kann man mit einer Lupe und Sonnenstrahlen ein Streichholz entzünden?“, Aufgaben 2 - 4</i>
<b>5. Wissenssicherung</b> 5.1. Waldbrandgefahr durch liegen gelassene Glasscherben	<u>Anwendung/ Festigung:</u> - ST (EA), - Auswertung im UG, Bildkarten als Unterstützung.	<i>SB S. 17 „Wassertropfen und Glasscherben können Waldbrände entfachen!“, Aufgaben 1 - 2 AM S. 4 - 6 (z.B. an Tafel)</i>
5.2. Lernzielkontrolle	- ST (EA)	<i>SB S. 17, Aufgabe 3 (wiederholend, siehe SB S. 13 „Kontrolle“)</i>

## Zu 1. Problemgewinnung

### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung wurden die Schüler zur Frage „Warum kann man mit einer Lupe und Sonnenstrahlen ein Streichholz entzünden?“ schriftlich nach ihren Vorstellungen befragt. Obwohl die Schüler bei ihren Erklärungsversuchen teilweise Fachbegriffe aus dem Bereich Optik benutzten, wichen die Schülervorstellungen noch stark von der wissenschaftliche Erklärung ab.

Beispiele:

„Weil die Sonne heiß ist und die Hitze reflektiert wird. Die Gläser leiten die Hitze.“

„Die Lupe verursacht durch die Sonnenstrahlen Spiegelungen.“

„Die Lupe erzeugt Wärme und zündet das Streichholz an.“

„Weil die Sonne heiß wie Feuer ist. Die Lupe ist aus Glas und drückt das Feuer von der Sonne auf das Streichholz.“

Aus diesem Grund geht es im weiteren Verlauf nicht um eine Überprüfung von Hypothesen, sondern um eine Antwortsuche bzw. ein „in Erfahrung bringen“.

Nach dem Finden der Problemlösung kann auf die Schülervorstellungen erneut Bezug genommen werden, z.B.: „Spiegelung und Reflexion sind ebenfalls Erscheinungen des Lichts, aber andere. Die Brennglaswirkung erklärt sich durch das Phänomen der Lichtbrechung.“

### Zu 3.1. Sichtbarmachen der Lichtbrechung und -bündelung im Brennpunkt (LDE 2)

Die folgenden Versuche sollen den Schülern zeigen, dass Lichtstrahlen, die von der Sonne auf die Erde treffen, geradlinig und nahezu parallel zueinander verlaufen. Weiter soll den Schülern gezeigt werden, dass diese Lichtstrahlen beim Hindurchtreten durch ein Lupenglas abgelenkt werden und zwar so, dass sie sich in einem Punkt schneiden - dem so genannten Brennpunkt. Diese Beobachtungen sollen den Schülern helfen, die Brennglaswirkung auch ohne Einführung des Lichtstrahlenmodells bzw. der Geometrischen Optik zu verstehen und erklären zu können.

#### Materialien

pro Klasse:

- präparierter Schuhkarton,
- Stück Pappe mit schmalen Schlitten,
- Lupe,
- weißes Blatt Papier.

#### Vorbereitung

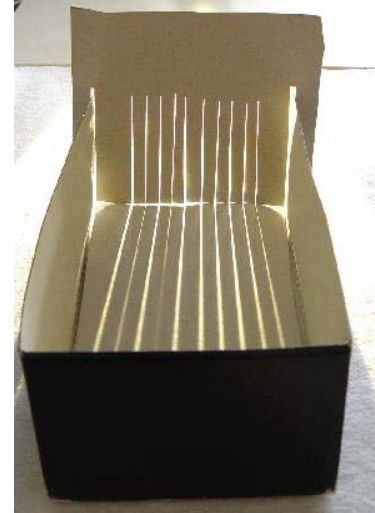
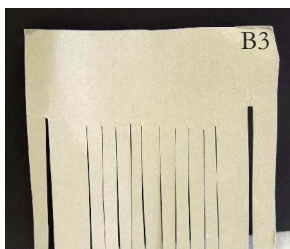
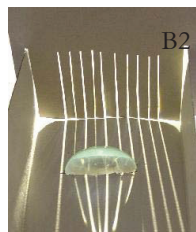
Der Deckel des Schuhkartons wird nicht benötigt. Eine schmale Seite des Kartons wird ausgeschnitten (Bild 1). Aus dem Boden des Kartons wird ein etwas größerer Schlitz ausgeschnitten, so dass man eine Lupe zur Hälfte hineinstecken kann (Bilder 1 und 2). Wird dieser Schlitz bei einer Demonstration nicht benötigt, so kann man ihn mit einem weißen Blatt Papier abdecken.

Ein Stück Pappe wird, wie in den Bildern 3 und 4 zu sehen, entsprechend zugeschnitten: jeweils ein Schlitz außen, um es auf den Schuhkarton zu stecken und zusätzlich weitere schmale Schlitz, durch die das Sonnenlicht dringen soll.

Ein weiteres Stück Pappe wird als verschiebbare Rückwand zugeschnitten, um den Brennpunkt abzubilden. Zur Halterung am Karton werden zwei Schlitz eingeschnitten (Bilder 5 und 6).

#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Das Sichtbarmachen der Lichtstrahlen sowie ihre Brechung durch ein Lupenglas bzw. durch ein rundes Wasserglas gelingt auch im Klassenraum durch den Einsatz eines Diaprojektors (Bild 7).



### Durchführung und Beobachtung

Der Prozess der Erkenntnisgewinnung erfolgt kleinschrittig und durch Steuerung des Lehrers. Parallel zur Durchführung der Versuche lenkt er durch gezielte Fragestellungen ein Unterrichtsgespräch. Die Schüler werden aufgefordert, die einzelnen Beobachtungen zu beschreiben. Mithilfe der Beobachtungen sollen zunächst die beiden Teilfragen 2.1. „Wie/ Warum entsteht dieser winzige und strahlende Lichtpunkt?“ und 2.2. „Warum entzündet sich in diesem Lichtpunkt das Streichholz?“ beantwortet werden. Mit der Klärung dieser beiden Fragen sollen die Schüler dann die Problemfrage „Warum kann man mit einer Lupe und Sonnenstrahlen ein Streichholz entzünden?“ beantworten können.

Einstieg, L: „Licht bewegt sich und zwar unglaublich schnell. Die Lichtgeschwindigkeit beträgt ca. 300 000 Kilometer je Sekunde. Das Licht von einer Lampe in einem Zimmer braucht weniger als ein Augenblinzeln, um uns zu erreichen.“

L: „Wie verlaufen/ bewegen sich die Lichtstrahlen, wenn sie von der Sonne auf die Erde treffen?“ (Auf die offene Kartonseite wird die Pappwand mit mehreren Schlitten gesteckt. Der Lehrer lässt die Lichtstrahlen senkrecht auf die Schlitten treffen, Bild 8)

S: „Die Lichtstrahlen verlaufen/ bewegen sich gerade und parallel zueinander.“



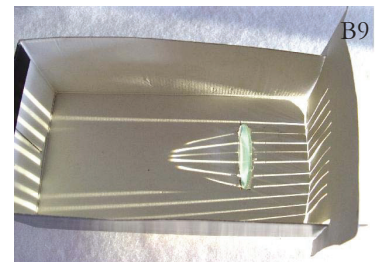
### Didaktisch-methodische Hinweise:

Folgende Vorkenntnisse aus dem Mathematikunterricht sind hilfreich: Gerade/ Lagebeziehungen, parallel zueinander, sich schneiden.

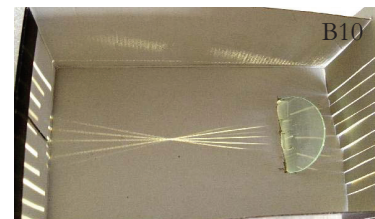
L: „Was passiert mit den Lichtstrahlen, wenn sie durch ein Lupenglas hindurchtreten?“ (Das Lupenglas wird ca. zur Hälfte in den vorbereiteten Schlitz im Kartonboden gesteckt. Die Lichtstrahlen sollen möglichst senkrecht auf das Lupenglas treffen, Bild 9).

S: „Die Lichtstrahlen werden gebogen/ geknickt.“

L: „Wenn die Lichtstrahlen in eine andere Richtung abgelenkt werden, sagt man auch: Die Lichtstrahlen werden gebrochen.“



L: „Wo entsteht dieser winzige helle Lichtpunkt und wodurch?“ (Durch gezieltes Bewegen des Kartons und des Lupenglases macht der Lehrer den Schnittpunkt der Lichtstrahlen sichtbar, Bild 10. Um den Brennpunkt als kleinen, hellen Lichtpunkt zu zeigen, kann er auf die zweite Pappwand projiziert werden. Dazu wird die Pappwand mit zwei Schlitten in entsprechender Entfernung zum Lupenglas auf den Karton gesteckt, Bild 11) S zeigen auf den Schnittpunkt der Geraden: „Dort entsteht der Punkt. Da ist es ganz hell, weil dort alle Lichtstrahlen zusammentreffen/ sich vereinigen/ sich konzentrieren/ sich in einem Punkt schneiden. Darum wird es dort auch so heiß.“



### Zwischenauswertung

Beantwortung der Teilfrage 2.1. „Wie/ Warum entsteht dieser winzige und strahlende Lichtpunkt?“: Weil die Lichtstrahlen, wenn sie durch das Lupenglas treten, gebrochen werden. Und zwar so, dass sie sich in einem Punkt schneiden.

Zur Beantwortung der Teilfrage 2.2. „Warum entzündet sich in diesem Lichtpunkt das Streichholz?“ kann zusätzlich ein freiwilliges Schülerexperiment durchgeführt werden, in welchem die Schüler die Hitze im Brennpunkt auf der Hand spüren können (siehe SB S. 16 „Warum kann man mit einer Lupe und Sonnenstrahlen ein Streichholz entzünden?“, Aufgabe 1).



### Zu 3.3. Sammellinsenform als Ursache für die Lichtbündelung (LDE 3)

Nach dem Zeigen der Lichtbrechung und -bündelung durch ein Lupenglas kann den Schülern erklärt werden, dass die besondere Form des Lupenglases (nach außen gewölbt, in der Mitte dicker als am Rand) Ursache für die Lichtbrechung und für das Sammeln der Lichtstrahlen in einem Punkt ist. Aus diesem Grund werden Lupen auch als Sammellinsen bezeichnet.

Daraus schlussfolgernd müsste ein rundes Glas mit Wasser Lichtstrahlen ebenso brechen und bündeln können. Eine Überprüfung kann mittels Versuch erfolgen.

#### Materialien

pro Klasse:

- präparierter Karton (siehe LDE 2),
- rundes Glas mit Wasser.

#### Durchführung

Die Lupe wird aus dem Schlitz der Kartonunterseite herausgenommen. Der Schlitz wird mit einem weißen Blatt Papier abgedeckt. Nun wird ein rundes Glas mit Wasser so in den Karton gestellt, dass die Lichtstrahlen gerade einfallen.

#### Beobachtung und Auswertung

Die Lichtstrahlen werden durch das runde Wasserglas gebrochen und gebündelt (Bild 1).



#### Fachliche Hinweise:

Auf dem Foto erkennt man, dass sich die Lichtstrahlen nicht genau in einem Punkt schneiden. Diese Abweichung von der idealen optischen Abbildung wird in der Optik als *Aberration* (Abbildungsfehler) bezeichnet. Der Begriff stammt aus dem Lateinischen und bedeutet wörtlich „von dem richtigen Weg abwandern“. Man unterscheidet verschiedene Abbildungsfehler. Im Fall des Wasserglases handelt es sich um eine sphärische Aberration: Bei Linsen mit kugelförmiger Oberfläche (sphärische Oberfläche) treffen die Lichtstrahlen, welche durch den Außenbereich der Linse gehen, nicht exakt den (theoretischen) Brennpunkt der Linse. Nur die parallelen Lichtstrahlen nahe der optischen Achse vereinigen sich zu einem Brennpunkt. Die weiter außen befindlichen - also die randnahen - Strahlen, schneiden die optische Achse näher zur Linse hin [WIKIPEDIA].

## 5.2. Beschreibung der UE 2 „Körper und Stoffe“



### 5.2.1. Lerninhalte/ Lernziele

#### 1) Absolvieren eines Sinnesparcours (Lernzirkel)

Die Schüler sollen

- ihre Sinnesorgane bewusst zum Erkennen von Alltagsgegenständen und –materialien einsetzen,
- erfahren, dass Gegenstände, die aus Eisen sind oder Eisen enthalten, magnetisch sind,
- ein Verständnis für die Masseninvarianz entwickeln.

#### 2) Einführung der Begriffe Körper und Stoff

Die Schüler sollen

- wissen, dass Gegenstände auch Körper genannt werden,
- wissen, dass Stoffe die Materialien sind, aus denen Körper bestehen,
- wissen, dass man Körper an der Form erkennt und Stoffe an Stoffeigenschaften,
- Eigenschaften von Stoffen mit ihren Sinnesorganen ermitteln und beschreiben können (z.B. Farbe, Transparenz, Glanz, Geruch, Geschmack, Verformbarkeit, Härte, Oberflächenbeschaffenheit).

#### 3) Einführung der Aggregatzustände fest und flüssig

Die Schüler sollen

- Stoffe in fest und flüssig einteilen und diese Zuordnung begründen können,
- erkennen, dass weiche bzw. leicht verformbare Stoffe ebenfalls zu den Feststoffen zählen.

#### 4) Stoffeigenschaften verschiedener Flüssigkeiten

Die Schüler sollen

- unterschiedliche Flüssigkeiten aus dem Haushalt bzw. Alltag anhand der Stoffeigenschaften erkennen und beschreiben können (z.B. Farbe, Geruch, Brennbarkeit von Benzin und Spiritus, Nichtmischbarkeit von Wasser und Öl),
- das Gefahrstoffsymbol „leichtentzündlich“ und dessen Bedeutung kennen.

#### 5) Vertiefung in Bezug auf Stoffe und Stoffeigenschaften

Die Schüler sollen

- erkennen, dass pulverförmige Stoffe (z.B. Zucker) ebenfalls Feststoffe sind und diese Erkenntnis begründen können,
- erfahren, dass Feststoffe in unterschiedlichem Zerteilungsgrad vorliegen können,
- ein Verständnis für die Erhaltung der Stoffart bei Umformung bzw. Zerteilung entwickeln,
- Kohlenstoff kennen lernen: Vorkommen und Verwendungsmöglichkeiten sowie Kohlenstoff anhand von Stoffeigenschaften beschreiben können.



## 5.2.2. *Didaktische und Methodische Aspekte*

### **Zu 1) Absolvieren eines Sinnesparcours (Lernzirkel)**

Im Zusammenhang mit dem Lerninhalt Sinnesorgane und –leistungen des Menschen verweisen die Rahmenpläne für die Grundschule (außer Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt) zusätzlich auf eine praktische Umsetzung dieses Themas in Form von Wahrnehmungsübungen bzw. der Durchführung eines Sinnesparcours.

BÄUML-ROSSNAGL, die sich u.a. mit der Bedeutung von Anschaulichkeit und Sinnlichkeit im Sachunterricht befasst, schrieb 1990: „Die Problematik des Sinnverlustes einer von den Sinnen entfremdeten Schule wird heute deutlich gesehen von Bildungstheoretikern und Lehrplanmachern, nicht zuletzt von Eltern, Lehrerinnen und Lehrern.“ Aber „die wirkliche sinnliche Erfahrung nimmt in unseren Schulen viel weniger Zeit und Raum ein als es unsere Bildungsanliegen eigentlich fordern“ [BÄUML-ROSSNAGL 1990, S. 80].

Auch 10 Jahre später resümiert sie, dass „das Leben mit Sinnen und Sinn (in der heutigen Lebenswelt)“ nach wie vor ein vieldiskutiertes Thema ist, welches zunehmend an Bedeutung gewinnt [BÄUML-ROSSNAGL 2000]. In unserer heutigen technischen und rationalisierten Zivilisation, in der die öffentlichen Medien einen immer stärker werdenden Einfluss haben, lernen die Kinder die Welt oft nur noch zu einem geringen Teil durch eine körperlich-sinnliche Wahrnehmung kennen. Die wirkliche Welt wird durch eine „sekundäre Scheinwelt“ - einer „Fernseh-DVD-Computer-Welt“ - ersetzt.

Was kann die Schule sinnvollerweise tun? In ihrer Schrift „Tasten mit Auge-Hand-Fuß als ‚Fühl‘-Erkennen“ schreibt Bäuml-Rossnagl, dass „ergänzend zum Verstandesdenken“, wieder „das Fühl-Denken“ treten muss [BÄUML-ROSSNAGL 1991, S. 38]. Eine Alternative: sinnliches oder abstraktes Lernen weist sie zurück. Denn kindliche Sacherfahrung und Sacherkundung werden stets von Emotionen und Denkprozessen begleitet. „Erst auf dem ‚Boden‘ der phänomenal-ganzheitlichen Erfahrungen der Kinder kann die Schule erklärende Modellvorstellungen und Fachbegriffe vermitteln – diese aber zum Zwecke des besseren ‚Verstehens‘ der lebensweltlichen Phänomene. ‚Verstehen als Stehen auf den Phänomenen‘ nannte das M. Wagenschein. Das Erkenntnisniveau der Schule liegt zwischen den alltäglichen Phänomenen und der wissenschaftlichen Fachwelt“ [BÄUML-ROSSNAGL 1991, S. 41].

Mit der Durchführung eines Sinnesparcours in dieser Unterrichtseinheit werden mehrere Ziele verfolgt. Zum einen sollen die Schüler anknüpfend an die vorangegangene Unterrichtseinheit, in der die menschlichen Sinnesorgane und ihre Funktionen behandelt wurden, nun ganz bewusst üben, ihre verschiedenen Sinne gezielt einzusetzen und dabei zu schärfen. Aufgabe ist es, an mehreren Stationen unterschiedliche Alltagsgegenstände und –stoffe mit Hilfe einzelner Sinnesorgane zu erkennen:

STATION 1: Das Betrachten von Stoffen,

STATION 2: Das Erschmecken von Stoffen,

STATION 3: Das Erriechen von Stoffen,

STATION 4: Das Ertasten von Alltagsgegenständen,

STATION 5: Das Ertasten von mathematischen Körpern,

STATION 6: Das Ertasten von Stoffen unterschiedlicher Form,

STATION 7: Das Ertasten von Stoffen gleicher Form,

STATION 8: Die Schütteldose (Erkennen von Alltagsstoffen am Klang).

Darüber hinaus sollen die Schüler mithilfe der im Sinnesparcours gesammelten Erfahrungen für die sich anschließende Einführung der Begriffe Körper (Gegenstände) und Stoff (Material) sensibilisiert werden. Der wiederholte Einsatz von Materialkisten aus den Stationen im nachfolgenden Unterricht ermöglicht es, die Unterscheidung zwischen Körper/ Gegenstand (erkennbar an der Form) und Stoff (erkennbar an Stoffeigenschaften) zu veranschaulichen.

Damit die Kinder sich ganz ihren Sinneswahrnehmungen hingeben können, wird auf den Einsatz begleitender Schülerarbeitsblätter verzichtet. Eine Ausnahme bilden zwei Stationen, an denen die Schüler Hilfsmittel nutzen sollen – Magnet und Balkenwaage:

STATION 9: „Welche Gegenstände zieht ein Magnet an?“,

STATION 10: „Leichter, schwerer oder gleich schwer?“.

Die an diesen beiden Stationen ausliegenden Schülerarbeitsblätter erfüllen drei Funktionen: Das Erfassen von Schülervorstellungen, eine angeleitete forschend-entwickelnde Vorgehensweise sowie die Gewährleistung der selbstständigen Problemlösung durch die Schüler.

Zu STATION 9: „Welche Gegenstände zieht ein Magnet an?“

Die Lehrpläne für den Sachunterricht beziehen sich beim Phänomen Magnetismus hauptsächlich auf die Wirkung der Magnetkräfte. Einen Vermerk zu Magnetismus als spezielle Stoffeigenschaft findet man lediglich im gemeinsamen Rahmenplan von Mecklenburg–Vorpommern, Berlin und Brandenburg [MV/BE/BB 2004, S. 34].

In der hier beschriebenen Unterrichtskonzeption wird das Phänomen Magnetismus nur aus stofflicher Sicht untersucht. Eine Einbettung dieses Unterrichtsgegenstandes in den Sinnesparcours bot sich im Hinblick auf sinnvolle Verknüpfungsmöglichkeiten unterschiedlicher sachkundlicher Themen an.

Auf den Sachverhalt, dass die menschlichen Sinnesorgane zum Untersuchen und Experimentieren nicht immer ausreichen und deshalb Hilfsmittel genutzt werden, z.B. Lupe, wurde bereits in der UE 1 „Forschen und Beobachten“ eingegangen. Nun sollen die Schüler mittels Magneten herausfinden, dass nur Gegenstände, die den Stoff Eisen enthalten, magnetisch sind. Die ebenfalls magnetischen Stoffe Nickel und Kobalt werden nicht mitberücksichtigt, da sie für die Schüler kaum alltagsrelevant sind.

Durch die auf dem Schülerarbeitsblatt beschriebene forschend-entwickelnde Vorgehensweise, werden die Schüler aufgefordert, zunächst Vermutungen aufzustellen. Die Auswertung aus der Unterrichtserprobung ergab, dass zwar alle Schüler korrekterweise davon ausgehen, dass Gegenstände, die aus Eisen bestehen, vom Magnet angezogen werden. Allerdings wurden auch die ganz bewusst hinzugezogenen Stoffe wie Silber, Kupfer und Aluminium recht häufig angekreuzt. Es scheint, dass die Schüler – wie teilweise auch noch Erwachsene, was eigene Erfahrungen mit Studenten in Seminaren und Grundschullehrern in Fortbildungsveranstaltungen zeigen – davon ausgehen, Magnetismus sei eine gemeinsame Stoffeigenschaft aller Metalle.

Ohne die Schüler mit einer exakten Trennung zwischen Metall als Oberbegriff und einzelnen Stoffarten dieser Gruppe überfordern zu wollen, kann mithilfe dieser Aufgabe ein Ansatz erfolgen, das Alltagswissen der Schüler zu erweitern bzw. zu korrigieren.

Beim Ermitteln und Beschreiben von Eigenschaften verschiedener Feststoffe wird Magnetismus als spezielle Stoffeigenschaft von Eisen wiederholend aufgegriffen.

Zu STATION 10: „Leichter, schwerer oder gleich schwer?“

An dieser Station geht es um das Erkennen der Masseninvarianz. Ein diesbezüglicher Lerninhalt findet sich in den Rahmenplänen für den Sachunterricht nicht wieder.

Das Erkennen der Masseninvarianz kann noch nicht bei allen Grundschulern vorausgesetzt werden. PIAGET & INHELDER fanden heraus, dass Kinder erst mit 9 Jahren erkennen, dass die Masse einer Plastilinkugel bei Deformation unverändert bleibt [PIAGET & INHELDER 1975 aus STRUNK 1998, S. 91].

In einer Untersuchung von GALILI & BAR dagegen erkannten bereits 80 % der 7-Jährigen die Erhaltung der Masse bei Teilung einer Plastilinkugel zu vielen kleinen Kugeln. Allerdings zeigte sich auch, dass diese Einsicht der Masseninvarianz im starken Maße situationsabhängig ist: Bei Verformung einer Plastilinkugel zu einem Zylinder stellt sich diese Einsicht erst einige Monate später ein, bei Umformung zu einer Scheibe erst ca. ein Jahr später [GALILI & BAR 1997 aus STRUNK 1998, S. 91]. Man geht davon aus, dass die Kinder aufgrund ihrer bisherigen Körpererfahrungen sich eine eigene intuitive Theorie bzw. Konzeption von „gefühltem Gewicht“ zurechtgelegt haben. So erklären die Kinder beispielsweise, dass sich das Gewicht bei

einer Scheibe stärker verteilen könne und somit weniger auf die Hand drücken würde. Viele kleine Kugeln dagegen liegen ähnlich in der Hand wie die Ausgangskugel [GALILI & BAR 1997; DRIVER et al. 1994a aus STRUNK 1998, S. 91 f.].

Entgegen der Theorie von PIAGET & INHELDER deuten neuere Befunde darauf hin, dass die Masseninvarianz nicht grundsätzlich und schlagartig in einem bestimmten Alter mit dem Erreichen einer höheren kognitiven Stufe erkannt wird. So kann es durchaus vorkommen, dass Kinder, die bei bestimmten Operationen längst eine sichere Masseninvarianz ausgebildet haben, diese in einer veränderten Aufgabenstellung abstreiten ohne dabei in einen logischen Konflikt zu geraten. Eine Annäherung an die wissenschaftliche Theorie der Masseninvarianz geschieht nur allmählich, vor allem durch das Sammeln neuer Körpererfahrungen oder dem Erwerb neuem physikalischen Wissens. Dabei ist sicherlich auch die allgemeine kognitive Entwicklung - in Bezug auf das Lebensalter - bedeutsam, da diese wiederum Voraussetzung für ein besseres physikalisches Verständnis ist [STRUNK 1998, S. 94].

In der Station 10 des Sinnesparcours „Leichter, schwerer oder gleich schwer?“ sollen die Schüler untersuchen, ob sich die Masse einer Knetkugel bei Umformung zu einer Knetschlange verändert. Wie an der Station 9 werden die Schüler auf dem Arbeitsblatt aufgefordert, vor der Überprüfung mittels Balkenwaage ihre Vermutungen zu äußern.

In der Unterrichtserprobung vermuteten 17 von 35 Schülern (49 %), dass die Knetschlange genauso schwer ist wie die Knetkugel. 5 Schüler (14 %) meinten, sie sei schwerer. 13 Schüler (37 %) dagegen waren der Ansicht, die Knetschlange ist leichter. In einem Nachtest, der ein halbes Jahr später durchgeführt wurde, entschieden sich 28 von 35 Schülern (80 %) für die Masseninvarianz bei Umformung einer Knetkugel zu einer Knetschlange. 7 Schüler (20 %) vertraten die Auffassung, die Knetschlange ist leichter als die Kugel. Dass sie schwerer ist, wurde von keinem Schüler mehr angekreuzt.

In der dritten Doppelstunde dieser Unterrichtseinheit soll das Verständnis für die Masseninvarianz anhand einer variierten Aufgabenstellung gefestigt werden: „Ändert sich die Masse eines großen Knetklumpens, wenn dieser mehrmals geteilt wird und alle Teile zu verschiedenen Figuren umgeformt werden?“ Die Unterrichtserprobung zeigte, dass trotz des vorangegangenen Versuches an der Station 10, nun bei veränderter Aufgabensituation trotzdem 80 % der Schüler annahmen, dass sich die Knetmasse verändert.

Einhergehend mit den bereits aufgeführten lernpsychologischen Erkenntnissen scheint eine Entwicklung für das Verständnis von Masseninvarianz im wissenschaftlichen Sinne anhand unterschiedlicher Aufgabenkontexte sinnvoll.

Anmerkend noch ein Beispiel dafür, dass das Erkennen der Masseninvarianz für die Erschließung von Naturphänomenen bedeutsam ist und deshalb auch im Sachunterricht gegebenenfalls mit berücksichtigt werden sollte. Einige Lehrpläne für den Sachunterricht erwähnen die thematische Auseinandersetzung mit dem Phänomen Luftwiderstand, z.B. „Versuche mit Luft zur (...)Tragfähigkeit, *Bremswirkung*“ [B 2000, S. 108]; „Grundlegende Eigenschaften von Luft experimentell erfahren und erkennen (...), *Bremswirkung*, ...“ [N 2006, S. 25] oder „*Luftwiderstand* bei Fallschirm“ [SA 2005, S. 9].

Zur Erklärung des Phänomens Luftwiderstand findet man in der Literatur häufig diesen Versuch: Zwei gleichgroße Blätter Papier, von denen eins zu einer Kugel zusammengeknüllt wird, werden gleichzeitig aus gleicher Höhe fallen gelassen. Das zusammengeknüllte Papier landet schneller auf der Erde, da es durch seine geringere Oberfläche weniger Luftwiderstand verursacht, also weniger gebremst wird. In der Unterrichtserprobung wurden die Schüler nach Demonstration des Versuches schriftlich zu ihren Vermutungen befragt (Multiple choice - Test). 51 % (18 von 35 Schülern) der Schüler kreuzten die richtige Antwort „weil das Papier beim Runterfallen weniger durch die Luft gebremst wird“ an, 71 % (25 von 35 Schülern) der Schüler allerdings auch die Antwort „weil das Papier durch das Zusammenknüllen schwerer geworden ist“. Der Einsatz einer Waage könnte den Schülern zeigen, dass sich die Masse des Papiers durch Zusammenknüllen nicht ändert.

## **Zu 2) Einführung der Begriffe Körper und Stoff**

Eine Einführung der Begriffe Körper und Stoff im Sachunterricht ist laut Rahmenplänen nicht vorgesehen. Demgegenüber steht die Tatsache, dass die Lehrplanmacher zu vielen aufgeführten Unterrichtsinhalten eine Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Stoffen bzw. Stoffgruppen fordern oder bei der Formulierung entsprechender Themen den Stoff- bzw. Materialbegriff sogar häufig gebrauchen, z.B.:

### Bayern; Themenbereich: Materialien (Jgst.1)

- „Verschiedene *Materialien* über die Sinne wahrnehmen“: „*Metall, Kunststoff, Glas, Holz, Papier, Stein* o.Ä.; nach Eigenschaften (...) gruppieren“ [B 2000, S. 104]
- „Die Verwendung verschiedener *Materialien* erkunden“: „Nutzung der Materialeigenschaften, z.B. durchsichtiges Material für Fensterscheibe (*Glas* oder *Kunststoff*)“ [B 2000, S. 104]

### Bayern; Themenbereich: Nährstoffe (Jgst.2)

- „Einige *Inhaltsstoffe* in Nahrungsmitteln herausfinden“: (...) „*Stärke, Zucker, Säure, Fett, Eiweiß* aus dem *Stoffgemisch* abtrennen“ [B 2000, S. 111]

### Bayern; Themenbereich: Erfahrungen mit Temperatur (Jgst.2)

- „Einfluss verschiedener Temperaturen auf *Materialien* und *Stoffe* untersuchen“: „verschiedene *Materialien* und *Stoffe* prüfen (*Wachs, Holz, Papier, Zinn, Wasser* u.Ä.) ...“ [B 2000, S. 114]

### Bayern; Themenbereich: Ausgangsstoffe und -materialien (Jgst.4)

- „*Rohstoffe* zum (Zwischen)- Produkt verarbeiten“; „*Material/Werkstoffe* verarbeiten“ [B 2000, S. 268]

### Bayern; Themenbereich: Abfallentsorgung als Aufgabe der Gemeinde (Jgst.4)

- „Möglichkeiten der Abfallverwertung und -entsorgung“: „Abfälle können *Rohstoffe* sein: Wiederverwertung der *Wertstoffe*, ...“ [B 2000, S. 268]

### Mecklenburg – Vorpommern, Berlin, Brandenburg; Themenbereich: Akustische Phänomene (Jgst.3/4)

- „Schallausbreitung in unterschiedlichen *Materialien* erkennen und vergleichen“:  
„Schallausbreitung in der *Luft*, im *Wasser*, in *festen Körpern*“ [MV/BE/BB 2004, S. 37]
- „Möglichkeiten zur Geräuschkämpfung beschreibend vergleichen“: „*Materialien*, die den Schall schlecht leiten“ [MV/BE/BB 2004, S. 37]

### Bremen; Themenbereich: Feuer (Jgst.1/2)

- „*brennbare* und *nicht brennbare Stoffe*“ [BR 2007, S. 24]

### Bremen; Themenbereich: Herstellen von Produkten (Jgst.1/2)

- „verschiedene *Werkstoffe* (z.B. *Papier, Holz, Textil, Metall, Kunststoff, Ton*)“ [BR 2007, S. 27]

### Hessen; Themenbereich: Materialien/Materialeigenschaften (Jgst.1/2)

- „Verschiedene feste *Materialien* (*Holz, Pappe, Metall, Stoff, Papier, Glas* usw.) miteinander vergleichen“ [HE 1995, S. 136]

### Sachsen-Anhalt; Themenbereich: Mein Körper-Gesunderhaltung (Jgst.4)

- „Herzschlag und seine Auswirkungen auf den Körper: *Sauerstoff* und *Nährstoff*transport im Blut“ [SA 2005, S. 17]

### Sachsen; Themenbereich: Phänomen Licht, (Jgst.1/2)

- „lichtdurchlässige, lichtundurchlässige und reflektierende *Materialien*“ [S 2004, S. 9]

### Sachsen; Themenbereich: Feuer, (Jgst.4)

- „Anwenden experimenteller Methoden zum Erkennen guter und schlechter Wärmeleiter“:  
„*Natur- und Kunststoff, Wasser, Luft*“ [S 2004, S. 24]



### Niedersachsen; Erwartete Kompetenzen am Ende des Schuljahrgangs 2

- „Die Schülerinnen und Schüler können grundlegende Eigenschaften von *Stoffen* erkennen“:  
„Versuche zum Lösungsverhalten von *festen Stoffen* in Wasser durchführen“ [N 2006, S. 24]
- „Veränderung von *Stoffen* durch Verbrennung erkennen“ [N 2006, S. 25]
- „*Abfall- und Wertstoffe* unterscheiden“; „wieder verwertbare *Materialien* und *Objekte* kennen“ [N 2006, S. 27]

### Baden – Württemberg; Natur macht neugierig: Forschen, Experimentieren, Dokumentieren, Gestalten, (Jgst.4)

- „*Gegenstände und Stoffe* aus dem Erfahrungsbereich der Kinder und ihre Eigenschaften im experimentellen Bereich“ [BW 2004, S. 107]

Teilweise werden bei der Themenbeschreibung die Begriffe Stoff (Material) und Körper (Objekt, Gegenstand) voneinander abgegrenzt. Nordrhein-Westfalen benennt sogar einen Aufgabenschwerpunkt in der Klassenstufe 1/2 mit der Überschrift „Gegenstände und Stoffe“. Als zu behandelnde Unterrichtsinhalte findet man: „Alltagsgegenstände aus verschiedenen Werkstoffen sammeln, vergleichen, nach Ordnungsgesichtspunkten zusammenstellen und ihre Eigenschaften untersuchen“ [NW 2003, S. 59]. Hinweise auf eine fachliche Klärung der Begriffe Gegenstand und Stoff fehlen aber.

Es erstaunt, wie sehr sich das Themenspektrum und die Formulierung der Inhalte im Laufe der letzten Jahrzehnte geändert haben. So forderte der Lehrplan Nordrhein-Westfalens 1973 noch für das 1. Schuljahr: „Zunächst muss dem Kind der Stoffbegriff nahegebracht werden, der vom Begriff Gegenstand abzugrenzen ist“ [NRW aus STRUNK 1998, S. 66].

Aus mehreren Gründen sollte der fachlichen Auseinandersetzung mit den Begriffen Körper/ Gegenstand und Stoff innerhalb des Sachunterrichts mehr Gewichtung beigemessen werden.

KEUNE & FRÜHAUF (1984) führten eine Erhebung mit Schülern der 6. und 7. Klasse durch, um folgender Frage nachzugehen: „Erkennen Schüler wichtige Stoffarten in den Gegenständen ihrer Umwelt?“. Alle Versuchspersonen hatten zum Zeitpunkt der Untersuchung noch keinen Fachunterricht in Chemie erhalten. Den Schülern wurden im Test Gegenstände aus folgenden Materialien vorgelegt: Kupfer, Messing, Eisen, Blei, Aluminium, Zink, Polyethen, Plexiglas, Kieferholz, Balsaholz, Schwefel und Kohle. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Schüler der 6. und 7. Klasse „ein großes Defizit an Kenntnissen bezüglich gängiger Materialien ihrer Umwelt“ besitzen [KEUNE & FRÜHAUF 1990, S. 38]. Dabei erkennen sie „die Stoffarten in reinen Gebrauchsgegenständen noch schlechter als in reinen Materialproben. Bei der Angabe von gebrauchsbezogenen Stoffeigenschaften als Begründung für die Verwendung eines Materials werden etwas bessere Ergebnisse erzielt; ein Rückschluss von den Eigenschaften auf einzelne Stoffarten gelingt den Schülern jedoch kaum“ [KEUNE & FRÜHAUF 1990, S. 38]. Um Wissenslücken aufzufüllen und eine Wissensgrundlage für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe I zu schaffen, fordern Keune und Frühauf einen verstärkten Umgang mit einfachen Materialien im Sachunterricht der Grundschule.

LEERHOFF et al. weisen in einem Artikel „Der Stoffbegriff und die Stoffeigenschaften – Zentrale Problemfelder bei der Vermittlung der chemischen Reaktion im frühen Chemieunterricht“ darauf hin, dass der Stoffbegriff bei den Schülern in der Sekundarstufe zu wenig entwickelt ist. Sie können oftmals nur unzureichend zwischen dem Stoff und dem Gegenstand bzw. der Stoffportion unterscheiden. Das führt wiederum zu Schwierigkeiten beim Verständnis von Stoffeigenschaften, deren Charakterisierung und der Stoffumwandlung [LEERHOFF et al. 2003 Teil 1, S.301]. In einem gleichnamigen Nachfolgeartikel wird auf ein weiteres Problem bei der Einführung des Stoffbegriffes im Chemieanfangsunterricht aufmerksam gemacht: Eine Definierung des Stoffbegriffes erfolgt unter Verwendung von Synonymen, wie beispielsweise „Stoffe sind Substanzen“ oder „Materialien sind Stoffe“. Das setzt allerdings

voraus, dass diese synonymen Begriffe von den Schülern bereits verstanden worden sind. Möglicherweise bestehen aber schon in ihrer Nutzung ähnliche Unklarheiten, wie beim Begriff Stoff [LEERHOFF et al. 2003 Teil 2, S.364].

Eine Ursache für solche Unklarheiten kann in der Alltagsbedeutung dieser Begriffe liegen. Im Gegensatz zur Fachsprache, in der man unter einem Stoff jede Form von Materie versteht, deren spezifische Eigenschaften unabhängig von der äußeren Form bestehen bleiben, wird der Begriff Stoff umgangssprachlich in sehr unterschiedlichen Zusammenhängen gebraucht: textiles Gewebe, inhaltliche Grundlage eines Romans, Lern- oder Lehrstoff in der Schule oder der Stoff als Synonym für Droge. Fritsch fasst diese Beispiele unter chemieinrelevante Alltagsbedeutungen zusammen. Daneben existieren auch chemierelevante Alltagsbedeutungen, die zwischen Alltagssprache und Wissenschaftssprache stehen, z.B. „Energieträger (Heizstoffe), Abproduktverwertung (Sekundärrohstoffe), Ernährung (Nährstoffe) oder Werkstatt bzw. Produktionsbetrieb (Schmierstoffe, Klebstoffe, Baustoffe). Hier wird teilweise der Verwendungszweck direkt mit dem Wort Stoff verbunden“ [FRITSCH 1999, S. S. 17]. FRITSCH vertritt die Auffassung, dass insbesondere die Alltagsbegriffe Material und Mittel für den Chemieunterricht wichtig sind, „da viele der durch sie bezeichneten Objekte Stoffe im Sinne der Chemie sind und im Unterricht helfen können, Brücken zwischen Alltagssprache und Fachsprache zu schlagen“ [FRITSCH 1999, S. S. 17]. Der Begriff Material steht vor allem für Stoffe, die bearbeitet werden: Werkstoffe oder Rohstoffe (Holz, Metall, Textilien, Kunststoffe, Papier). Stoffe bzw. Stoffgemische aus dem Haushalt oder Gewerbe werden häufig als Mittel bezeichnet, z.B. Lebensmittel, Nahrungsmittel, Reinigungsmittel, Waschmittel, Arzneimittel oder Futtermittel. Dabei steht die Verwendung bzw. Funktion des jeweiligen Stoffes im Vordergrund. Der Stoff ist „Mittel zum Zweck“.

EHLERT führte im Zeitraum von 1988 bis 1989 eine Untersuchung mit Schülern der Klasse fünf, sechs und sieben durch. Der Unterricht erfolgte nach Lehrplänen der damaligen DDR [Lehrpläne Volk und Wissen 1983 – 1989 aus EHLERT 1990]. Eine Fragestellung dieser Untersuchung war u.a., welche assoziativen Verknüpfungen bei den Schülern zu dem Wort Stoff bestehen. Es galt, mögliche „assoziative Hemmungen zu erkennen, die sich bei der Einführung des Stoffbegriffs im Physik- und Chemieunterricht negativ auswirken könnten“ [EHLERT 1990, S. 42]. Dazu wurden die Schüler vor und nach dem Physikunterricht der Klasse sechs sowie während des Chemieunterrichts der Klasse sieben und nach dem Chemieunterricht der Klasse sieben schriftlich befragt.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Schüler mit dem Begriff Stoff recht unterschiedliche Inhalte verbinden (Übersicht 2 [EHLERT 1990, S. 42 - 43]).

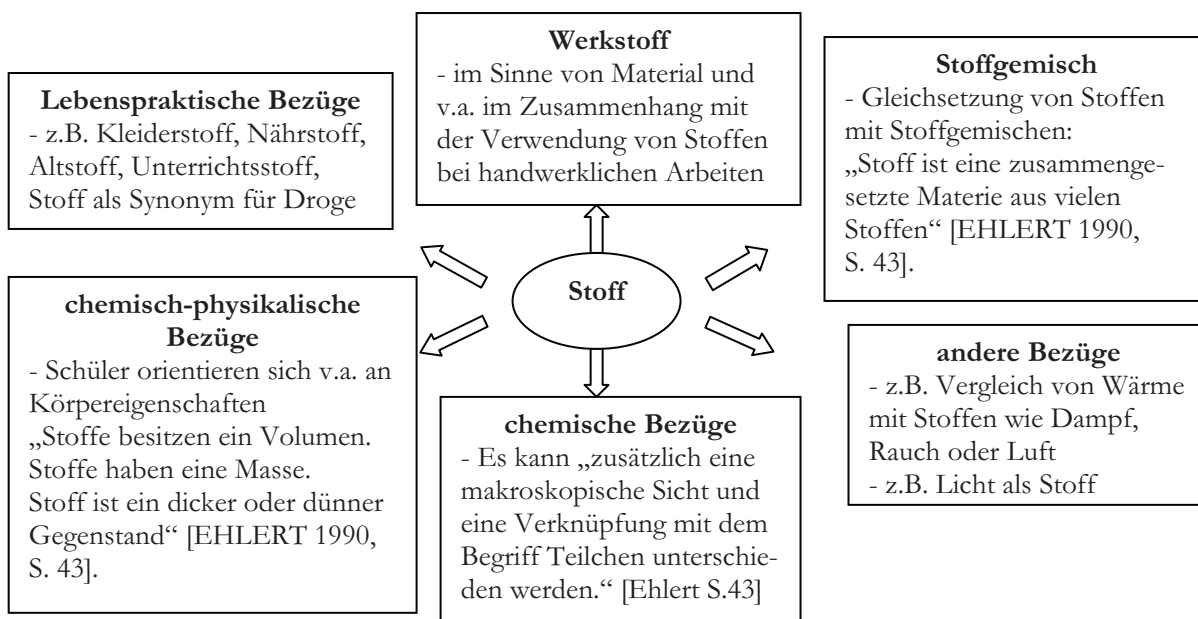


Abb. 2: Assoziationen zum Stoffbegriff



Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedliche Häufigkeit von Schülerassoziationen zum Begriff Stoff in den verschiedenen Altersklassen.

Assoziationen	in Klasse fünf, vor dem Physikunterricht p (%), n $\approx$ 100	nach dem Physikunter- richt der Klasse sechs p (%), n $\approx$ 200	nach dem Chemieunter- richt der Klasse sieben p (%), n $\approx$ 200
lebenspraktische Bezüge	78	48	29
Gleichsetzung mit Werkstoff	11	5	3
chem.-phys. Bezüge	17	60	18
Gleichsetzung mit Stoffgemisch	6	-	1
chemische Bezüge: chem.-makroskop. chem.-submikrosk.	-	-	52 8
andere Bezüge	5	2	-

Die Summe von p liegt über 100 %, da die Schüler mehrere Assoziationen ausbildeten.

Tab. 4: Relative Häufigkeit p (%) des Auftretens von Assoziationen in Klasse fünf, sechs und sieben [EHLERT 1990, S. 44 - 46]

Vor dem Physik- und Chemieunterricht überwiegt bei den Schülern ein Stoffbegriff mit lebenspraktischen Bezügen, die Verbindung zum Werkstoff eingeschlossen. Es wurden hauptsächlich Nahrungsmittel, Duftstoffe oder Industrieprodukte mit dem Stoffbegriff assoziiert. „Einige Schüler orientierten sich an sinnlich wahrnehmbaren Eigenschaften fester oder flüssiger Stoffe und näherten sich dem chemischen Stoffbegriff“ [EHLERT 1990, S. 44]. Nach Meinung EHLERTs bereitet der vorangehende Werk-, Biologie- und Geographieunterricht, entsprechend der Lehrpläne [Lehrpläne Volk und Wissen 1983 – 1989 aus EHLERT 1990] durch eine Vermittlung recht breiter Stoffkenntnisse auf den Stoffbegriff vor.

Weiterhin zeigen die Untersuchungen, dass nach einem Jahr Physikunterricht bei 60 % der Schüler der Stoffbegriff durch die einseitige Sicht der Dinge als Körper überlagert wurde. Nach Aufforderung Stoffe zu benennen, zeigte sich bei einem Drittel der Schüler eine enge Verknüpfung von Körper und Stoff. Charakteristische Antworten waren beispielsweise „ein Glas Wasser“ oder „ein Block Eisen“ [EHLERT 1990, S. 45].

Mögliche Ursachen für diesen weitgehenden Rückfall können z.B. folgende Schwerpunkte des Physikunterrichts (nach dem Lehrplan Volk und Wissen, Berlin 1985) sein:

- „intensive Beschäftigung mit Körpern und die nur kurze und oberflächliche Einführung einiger Stoffeigenschaften, wie Dichte, Schmelz- und Siedetemperatur, ohne Beziehungen zum Stoffbegriff gründlich aufzudecken,
- betonte Verknüpfung der Zustandsformen mit Körpern nicht nur in Bezug auf die Eigenschaften Form, Masse und Volumen, sondern auch auf den Aufbau der Teilchen“ [FRITSCH 1999, S. 36].

Mit dem Chemieunterricht in Klasse sieben erfährt der Stoffbegriff im Verständnis der Schüler eine erneute Veränderung (vgl. Tab. 4). Entsprechend des Lehrplans (Volk und Wissen, Berlin 1988) steht die Entwicklung eines chemischen Stoffbegriffs, einschließlich der Unterscheidung von Stoffprobe (Körper) und Stoff (Stoffart) im Mittelpunkt. EHLERT schlussfolgert, „dass die Entwicklung des chemischen Stoffbegriffs ein Prozess ist, bei dem Alltagsauffassungen immer mehr durch wissenschaftliche Auffassungen ersetzt bzw. überlagert werden“ [EHLERT 1990, S. 46].

Dem naturwissenschaftlichen Unterricht kommt die wichtige Aufgabe zu, die Einheit von Körper und Stoff zu vermitteln und in Bezug auf chemische Phänomene, die Stofflichkeit der Dinge in den Blickpunkt des Interesses zu rücken.

FRITSCH beschreibt Körper und Stoff als die zwei Seiten der uns umgebenden Dinge: „Alle uns umgebenden und mit unseren Sinnesorganen wahrnehmbaren Dinge haben drei wesentliche Merkmale: Sie sind begrenzt, geformt und stofflich! ... Geht es vor allem um die Form der Dinge, spricht man von Körpern, steht ihre Stofflichkeit im Vordergrund, von Stoffen“ [FRITSCH 1999, S. 19].

Dieser Aspekt der Differenzierung ist bei der Einführung des Stoffbegriffes wichtig. Deshalb stellt sich die Frage, ob Grundschulkinder überhaupt schon zwischen Gegenstand und dem Stoff, aus dem er besteht, unterscheiden können. Dazu fand DICKINSON in einer Studie heraus, dass schon bei 4-Jährigen ein Verständnis für die Kategorie „Materialart“ vorhanden ist. Allerdings ist dieses noch nicht verlässlich und stabil [DICKINSON 1987 aus STRUNK 1998, S. 86]. So kommt es beispielsweise bei Sortierungsaufgaben, in denen nach der „Art Zeug“ gefragt wird, aus der Gegenstände bestehen, öfter zu Fehlordnungen: Statt nach Material wird nach Farbe oder nach Funktionsmerkmalen eingeteilt. Besonders bei komplizierter aufgebauten Gegenständen, wie zum Beispiel beim Fahrrad, beziehen sich die Kinder eher auf einzelne Teile wie Sattel oder Lenker. Hier steht für sie wieder die Funktion im Vordergrund und nicht die Materialart. Interessant ist, dass diese Probleme bei Schulanfängern kaum noch vorhanden sind und vor allem, dass sich diese Schwierigkeiten durch einen entsprechenden Unterricht, in dem die Schüler sich mit der Kategorie „Materialart“ beschäftigen, endgültig überwinden lassen [DICKINSON 1987 aus STRUNK 1998, S. 86].

Daraus schlussfolgernd sieht diese Unterrichtskonzeption für den Sachunterricht eine Auseinandersetzung mit den Begriffen Körper/ Gegenstand und Stoff vor. Damit soll eine wichtige Grundlage für den späteren naturwissenschaftlichen Sekundarstufenunterricht, aber auch für den Sachunterricht selbst geschaffen werden. Die Behandlung unterschiedlicher sachkundlicher Lerninhalte, sei es zum Thema Luft, Feuer, Wasser, Wetter oder Akustik, deren Ursachenforschung und das Erkennen von Zusammenhängen schließt stets die Frage nach den beteiligten Stoffen und was mit ihnen unter bestimmten Bedingungen passiert, mit ein.

Die Einführung der Begriffe Körper/ Gegenstand und Stoff erfolgt in dieser Unterrichtseinheit anlehnend an die Auffassungen von BÄUML-ROSSNAGL (vgl. S. 55), STORK und HABITZ. In einem Beitrag „Zur Einführung chemischer Grundbegriffe in der Hauptschule unter Berücksichtigung lerntheoretischer Ergebnisse“ schrieb STORK 1972, dass diese Grundbegriffe nicht nur verbal vermittelt werden sollten, sondern auf experimentellem Wege. Die Entwicklung eines Begriffsverständnisses muss durch vielseitige Beobachtungen gestützt werden. „Lernziel muss sein, dass die Schüler diese Begriffe richtig gebrauchen lernen, d.h. dass sie sie auf neue (Lern-) Situationen richtig anwenden können“ [STORK 1972 aus HABITZ 1973, S. 388].

Mithilfe einer Ordnungsaufgabe unter Einbeziehung von Alltagsgegenständen und –stoffen wird eine praktische und anschauliche Begriffserarbeitung angestrebt: Die Schüler sollen die vom Lehrer präsentierten Alltagsgegenstände (3 Tassen, 3 Löffel und 3 Kugeln; jeweils bestehend aus Plastik, Metall und Glas) in drei Gruppen einteilen und ihre Zuordnung begründen. In der Unterrichtserprobung wurden von allen Schülergruppen spontan folgende zwei Ordnungsmöglichkeiten vorgeschlagen: Die Schüler sortierten nach den Gegenständen (Gegenstandsart/ Gegenstandsform bzw. deren Verwendungszweck). Oder die Schüler ordneten nach der Art der Materialien (Stoffart) aus denen die Gegenstände bestehen und benannten diese. Anhand dieser beiden Lösungsvorschläge erfolgt im Unterrichtsgespräch eine erste Definition und Abgrenzung der Begriffe Körper und Stoff: „Gegenstände nennt man auch Körper.“; „Die Materialien, aus denen Gegenstände bestehen, nennt man auch Stoffe.“

Im nachfolgenden Unterricht werden auch weiterhin die Synonyme gebraucht, wobei der Begriff Gegenstand für die Schüler verständlicher erscheint und deshalb dem Gebrauch des Begriffes Körper vorgezogen wird.

Anschließend wird die mögliche Abgrenzung der Begriffe Körper und Stoff durch den wiederholten Einsatz einzelner Materialkisten aus dem Sinnesparcours und mithilfe gezielter Sinneserfahrungen deutlich herausgestellt und für die Schüler erfahrbar gemacht:

Anhand der Stationen 4 und 5 („Das Ertasten von Alltagsgegenständen“ und „Das Ertasten von mathematischen Körpern“) wird erarbeitet, dass Körper an der Form erkennbar sind. Dass Stoffe dagegen an Stoffeigenschaften erkennbar sind, erfahren die Kinder durch Einsatz der Materialkisten aus den Stationen 1, 2, 3 und 6. Dort gilt es, unterschiedliche Stoffe zu betrachten, zu erschmecken, zu erriechen und zu ertasten.

Das Erkennen und Beschreiben unterschiedlicher Alltagsstoffe anhand der Stoffeigenschaften stellt einen wesentlichen Schwerpunkt dieser Unterrichtseinheit dar.

Im Gegensatz zum Lerngegenstand Stoff- bzw. Materialbegriff wird der Behandlung verschiedener Stoff- bzw. Materialeigenschaften in vielen Rahmenplänen ein gewisser Stellenwert eingeräumt. Oft finden sich diesbezügliche Inhalte zu den Lernfeldern Technik oder Arbeitswelt. Unter welchen genauen Gesichtspunkten die Auseinandersetzung mit Stoffeigenschaften erfolgen soll, ist allerdings von Lehrplan zu Lehrplan sehr unterschiedlich. So formuliert der Bildungsplan Baden-Württembergs im Bereich „Natur macht neugierig“: „Gegenstände aus dem Alltag, spielerischer und experimenteller Umgang mit Naturmaterialien, Vergleich nach Ordnungsgesichtspunkten der Kinder und Materialeigenschaften“ [BW 2004, S. 102]. Im Lehrplan Bremen findet man für den Bereich „Technik und Medien“ folgenden Hinweis: „Experimente zu Stoffeigenschaften (physikalische, chemische, technologische), von z.B. Kunststoff, Holz, Textilstoffen, Ton“ [BR 2007, S. 32]. Welche Experimente zu welchen Stoffeigenschaften durchzuführen sind, bleibt unerwähnt.

Niedersachsens Lehrplan formuliert zu den erwarteten Kompetenzen am Ende des Schuljahrgangs 2 im Bereich Natur: „Die Schülerinnen und Schüler können grundlegende Eigenschaften von Stoffen erkennen“ [N 2006, S. 24]. Als entsprechende Kenntnisse sollen Eigenschaften des Wassers und ausgewählte Eigenschaften anderer Flüssigkeiten, wie z.B. Geruch, Geschmack, Farbe, Viskosität und sogar - die für jüngere Schüler schwer verständliche Stoffeigenschaft - Dichte vermittelt werden. In Bezug auf Eigenschaften fester Stoffe ist lediglich nachzulesen: „Versuche zum Löseverhalten von festen Stoffen in Wasser durchführen und beschreiben (mischen und trennen)“ [N 2006, S. 24].

Im Vergleich der Rahmenlehrpläne lassen sich im Wesentlichen zwei Tendenzen hinsichtlich der Behandlung von Stoff- bzw. Materialeigenschaften erkennen:

- Eine Gewichtung liegt in dem Untersuchen unterschiedlicher Werkstoffe bzw. Materialien als Ausgangspunkt für deren Zweckmäßigkeit und Verwendungsmöglichkeit.
- Ein zweiter Schwerpunkt ist das Erkennen unterschiedlicher Stoffeigenschaften von Flüssigkeiten im Vergleich zu Wasser. Teilweise werden die zu untersuchenden Flüssigkeiten konkret benannt, wie z.B. Öl, Essig, Benzin oder Alkohol und Beispiele für Stoffeigenschaften aufgezählt: entzündlich, gefährlich, ätzend, reizend, giftig.

Die Eigenschaften von festen und flüssigen Stoffen erfahren in dieser Unterrichtseinheit eine ausführliche Behandlung, da diese untrennbar mit der Einführung des Stoffbegriffes verbunden sind.

Zum anderen verfolgt diese Unterrichtskonzeption das Ziel, Grundschüler beim Aufbau eines Verständnisses für die stoffliche Welt in Annäherung an wissenschaftliche Konzepte zu unterstützen. Damit wird der Versuch unternommen, dem Verfestigen von möglichen Fehlvorstellungen entgegenzuwirken. Denn solche Fehlvorstellungen können noch in der Sekundarstufe Missverständnisse, Lernschwierigkeiten und daraus entstehende Motivationsverluste verursachen [STRUNK 1998, S. 17].

Ergebnisse aus empirischer Lehr- und Lernforschung zeigen, dass Schüler im Chemieunterricht beim Umgang mit Stoffen und Stoffeigenschaften vielfältige Schwierigkeiten haben. Bei der Charakterisierung von Stoffeigenschaften werden manchmal Gegenstandseigenschaften

aufgeführt, wie z.B. die Angabe der Temperatur. Die Folge sind häufig Probleme beim richtigen Beschreiben von Aggregatzuständen, Auflösungsvorgängen oder chemischen Reaktionen. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass manche Eigenschaften zum Teil als eigenständige Stoffe aufgefasst werden, z.B. Wärme oder die Farbe. Möglicherweise entstehen solche Schülervorstellungen durch die Alltagssprache, in der tatsächlich Begriffe, wie (Wand oder Lack-) Farbe als Synonym für entsprechende Stoffe verwendet werden [LEERHOFF et al. 2003 Teil 1, S. 301 f.].

Ein anderer wichtiger Aspekt in Bezug auf mögliche Fehlvorstellungen wird in dieser Unterrichtskonzeption mitberücksichtigt. Schüler der 7. Klasse wurden nach „Nicht-Stoffen“ befragt und nannten fälschlicherweise auch „Gase, Luft, Wasser“. Eine Verständnisschwierigkeit für die Schüler kann in der Nutzung der Definition des Stoffbegriffes liegen: „Die Materialien, aus denen Gegenstände bestehen, nennt man auch Stoffe“. Denn im Sinne der Alltagssprache werden Gegenstände aus festen Materialien gemacht und nicht aus flüssigen oder gasförmigen. Deshalb sollte man bei der Beschreibung von Stoffen und Stoffeigenschaften im Unterricht auch flüssige und gasförmige Stoffe miteinbeziehen [LEERHOFF et al. 2003 Teil 2, S. 364 f.].

Mit Luft und Kohlendioxid als gasförmige Stoffe werden die Schüler in den Unterrichtseinheiten 3 und 4 vertraut gemacht.

In dieser Unterrichtseinheit werden anknüpfend an die Unterscheidung von Körper und Stoff die Stoffeigenschaften eingeführt. Durch den wiederholten Einsatz der Materialkisten aus den Stationen 1, 2, 3 und 6 (vgl. S. 55) werden den Schüler gezielt unterschiedliche Beispiele für Stoffeigenschaften bewusst gemacht, z.B. braune Farbe, durchsichtig, weich, rau, sauer usw. . Bezeichnungen wie farblos, geschmacklos oder geruchlos können vom Lehrer eingeführt werden. Gemeinsam werden Oberbegriffe, wie Farbe, Transparenz, Glanz, Härte, Verformbarkeit oder Oberflächenbeschaffenheit als Ordnungskriterien herausgearbeitet.

Anlehnend an die Station 7 „Das Ertasten von Stoffen gleicher Form (Kugelform)“ sollen die Schüler sich zunächst im Beschreiben von Eigenschaften fester Stoffe üben. Zum Untersuchen erhalten sie Alltagsstoffe, wie z.B. Holz, Glas, Knete oder Metall, die alle in Kugelform vorliegen. Damit soll die Erkenntnis gefestigt werden, dass die Form eines Körpers/ Gegenstandes nichts über die Stofflichkeit aussagt.

Nach der Erarbeitung der Aggregatzustände fest und flüssig (vgl. Lerninhalt 3, S. 54), bei der der Stoffbegriff ganz gezielt auf Flüssigkeiten erweitert wird, sollen die Schüler verschiedene Alltagsflüssigkeiten anhand ihrer Stoffeigenschaften erkennen und beschreiben (vgl. Lerninhalt 4, S. 54).

Mit der Erarbeitung der Begriffe Körper/ Gegenstand, Stoff und Stoffeigenschaften wird eine wichtige Grundlage für die sich anschließenden Unterrichtseinheiten gelegt. Besonders das Thema Stoffe und Stoffeigenschaften erfährt in der Erschließung nachfolgender Naturphänomene eine stetige Wiederholung, Festigung und Erweiterung. Damit wird eine wesentliche Lernvoraussetzung geschaffen, um die Schüler in der siebten und vorletzten Unterrichtseinheit an das Phänomen Stoffumwandlung heranzuführen.

### **Zu 3) Einführung der Aggregatzustände fest und flüssig**

In der Regel finden sich Inhalte zu den unterschiedlichen Aggregatzuständen in den Rahmenplänen für den Sachunterricht wieder, allerdings mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung. Meist erfährt dieser Lerngegenstand nur im Zusammenhang mit dem Stoff Wasser innerhalb des Themenbereiches „Wasser“ oder „Wetter“ eine Bedeutung. Dabei werden in einigen Lehrplänen die Begriffe Aggregatzustände bzw. Zustandsformen direkt benannt. Zum Teil erfolgt lediglich eine Aufzählung der verschiedenen Erscheinungsformen des Wassers, z.B. Regen, Schnee, Hagel oder Nebel.

Demgegenüber formuliert der Lehrplan Schleswig-Holsteins grundsätzlich und ganz allgemein: „Erfahren, dass Stoffe in verschiedenen Zustandsformen vorliegen können/ Eigenschaften von Stoffen (fest, flüssig, gasförmig)“ [SH 1997, S. 111].



Hessen setzt einen Schwerpunkt im Bereich „Materialien/ Materialeigenschaften“ in Bezug auf die Aggregatzustandsänderungen: „Übergänge in andere Zustandsarten beobachten: erstarren, schmelzen, verdampfen“ und verweist zusätzlich auf „Zustandsarten von Wachs untersuchen“ [HE 1995, S. 136].

Eine Einführung der Aggregatzustände fest und flüssig in der Grundschule ist von Bedeutung, da Kinder teilweise andere Auffassungen von fest und flüssig besitzen und in den Unterricht „mitbringen“, die nicht mit der wissenschaftlichen Sichtweise übereinstimmen. Einige nun aufgeführte Erkenntnisse aus der Lern- und Lehrforschung sollen dies veranschaulichen.

Kinder können mit 4 Jahren schon zwischen Festkörpern und Flüssigkeiten unterscheiden. Sie nehmen eine Zweiteilung vor, die sie jedoch noch nicht mit den Begriffen fest und flüssig definieren. Außerdem sind sie in diesem Alter noch nicht fähig, in jedem Fall richtig zu klassifizieren. So werden zähe Flüssigkeiten oft als feste Stoffe und weiche, elastische Feststoffe als Flüssigkeiten eingeordnet.

Im Alter von 6 bis 9 Jahren tendieren die Kinder dazu, die Stoffe in drei statt in zwei Gruppen einzuteilen: Dünnflüssige, leichtbewegliche Stoffe zählen demnach zu Flüssigkeiten; starre bzw. harte Stoffe zu den Festkörpern und daneben existiert noch eine Art „Zwischengruppe“. Als eine intermediäre Gruppe werden beispielsweise weiche/ leicht verformbare oder auch pulverförmige Feststoffe verstanden [DICKENSON 1982 aus STAVY & STACHEL 1985, S. 408].

STAVY & STACHEL untersuchten in einer Studie die Vorstellungen von israelischen Kindern zu fest und flüssig, angefangen vom Kindergartenalter (5-Jährige) bis zu 7.-Klässlern (12- bis 13-Jährige). Bei dieser Untersuchung dienten zunächst Tee und Parfüm sowie Stein und Holzstück als Referenzstoffe, mit denen die Kinder zahlreiche weitere Materialien verglichen und klassifizieren sollten.

Die Ergebnisse zeigen, dass von der ersten Klasse an (6-Jährige) nahezu alle Kinder in der Lage sind, die Gemeinsamkeiten verschiedener Flüssigkeiten zu erkennen, einschließlich 20 % der Kindergartenkinder. Allerdings war im Vergleich zu leichtbeweglichen Flüssigkeiten, wie z.B. Wasser, Benzin oder Spiritus eine korrekte Klassifizierung von Honig, Schokoladensirup oder Haarshampoo als Beispiele für zähe Flüssigkeiten geringer. Die Kinder begründeten ihre Einordnung zu den Flüssigkeiten hauptsächlich damit, dass die Substanzen (ein-)gegossen werden können, aber auch dass sie fließend sind, nass, weich bzw. nicht hart oder dass sie sich bewegen. Wasser dient den Kindern eindeutig als Prototyp für Flüssigkeiten. Vergleichend mit Wasser beschreiben sie andere flüssige Stoffe häufig als „wie Wasser“, „wässrig“, „aus Wasser gemacht“ oder „enthält Wasser“. Fragt man Kinder nach ihnen bekannten Flüssigkeiten, so wird in allen Altersgruppen spontan Wasser genannt, häufig auch Getränke, wie Milch, Saft, Tee, Kaffee etc.. Nichttrinkbare Flüssigkeiten (Benzin, Alkohol, ...) wurden in der Studie dagegen nicht spontan aufgezählt, sondern nur auf direkte Nachfrage bezüglich nichttrinkbarer Flüssigkeiten. Das heißt, diese Art Flüssigkeiten sind den Kindern zwar bekannt, werden allerdings nicht spontan abgerufen. Lediglich in der 7. Klasse gab es mit 44 % eine deutliche Erhöhung [STAVY & STACHEL 1985, S. 413].

Im Vergleich zu Flüssigkeiten fällt den Kindern das Erkennen von Gemeinsamkeiten verschiedener Feststoffe bzw. -körper wesentlich schwerer. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Kinder von der 1. Klasse an durchaus ein Verständnis von fest (oder etwas Ähnlichem) haben. Allerdings ist dieses weitaus begrenzter als die wissenschaftliche Vorstellung. Denn aus Sicht der Kinder beinhaltet der Begriff fest hauptsächlich starre/ harte Feststoffe (z.B. Glas, Metall, Kreide) und schließt nicht-starre/ weiche/ biegbare Feststoffe (z.B. Knete, Watte, Alufolie) sowie Stoffe in Pulverform (z.B. Sand, Zucker, Mehl) häufig aus. Während starre/ harte Feststoffe ab dem 1. Schuljahr richtig klassifiziert werden, ordnen nur rund 50 % der Kinder während der gesamten Grundschulzeit bis einschließlich des 6. Schuljahres nicht-starre/ weiche Materialien den Feststoffen zu. Hierbei scheint die Verformbarkeit ein ausschlaggebendes Kriterium für die Nichteinteilung als Feststoff zu sein. Teilweise wurden solche weichen

Materialien den Flüssigkeiten zugeordnet, häufig aber einer extra Zwischengruppe [STAVY & STACHEL 1985, S. 417].

Es scheint, dass Gemeinsamkeiten verschiedener Feststoffe für die Kinder abstrakter und schwerer wahrzunehmen sind, als das bei Flüssigkeiten der Fall ist. Auch die Nutzung der Wörter fest oder Feststoff liegt weit hinter der Fähigkeit des Erkennens von Gemeinsamkeiten zurück. Nur ca. 30 % der Schüler aus den 5. – 7. Klassen benutzten den Begriff fest. Demgegenüber benutzten schon 56 % der 6-Jährigen die Begriffe flüssig bzw. Flüssigkeit. In der 3. Klasse waren es bereits 60 %, in der 4. Klasse 76 % der Schüler. Die Ergebnisse dieser in Israel durchgeführten Untersuchung widersprechen jedoch denen von Dickenson, die besagen, dass die Nutzung der entsprechenden Begriffe im englischsprachigen Raum später einsetzt. STAVY & STACHEL vermuten, dass der linguistische Faktor – im Hebräischen ist das Substantiv für „Flüssigkeit“ dasselbe Wort wie das Verb – den israelischen Kindern hilft, Flüssigkeiten zu beschreiben [STAVY & STACHEL 1985, S. 410 f.].

In dieser Unterrichtseinheit soll mit der Einführung der Begriffe fest und flüssig ein gemeinsames sprachliches Grundgerüst bereitgestellt werden, um Missverständnisse in der Kommunikation zwischen Schüler und Lehrer zu vermeiden. Ziel ist es, möglichen Verstehensproblemen und Fehlinterpretationen von Naturphänomenen Vorschub zu leisten.

Im Gegensatz zu den meisten Rahmenplänen, die sich bei der Behandlung der Aggregatzustände ausschließlich auf den Stoff Wasser (in Form von Eis, Schnee usw.) beziehen, wird in dieser Konzeption die Unterscheidung von fest und flüssig an mehreren unterschiedlichen Alltagsstoffen erarbeitet.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse von STAVY & STACHEL scheint diese Vorgehensweise sinnvoll. Denn aus ihrer Studie ging hervor, dass bei der Klassifizierung von starren Feststoffen Eis am seltensten richtig beurteilt wurde. Stattdessen wurde es dann in eine Zwischenkategorie bzw. in die Gruppe der Flüssigkeiten eingeordnet. Vermutlich unterscheiden die Schüler bei Eis nicht korrekt zwischen dem Stoff und dem Aggregatzustand. Da sie wissen, dass Eis aus Wasser „gemacht“ ist und Wasser flüssig ist, betrachten sie Eis als den Flüssigkeiten zugehörig. Es ist auch möglich, dass die Kinder sich auf das Wasser beziehen, dass um das Eis herum geschmolzen ist. (Diese Beobachtung lässt sich beim Zeigen von z.B. Eiskwürfeln unter normalen Bedingungen nicht vermeiden.)

Um vorhandene Schülervorstellungen einzuholen und daran anknüpfen zu können, wird zu Beginn der Begriffserarbeitung fest und flüssig im Unterricht erneut eine Ordnungsaufgabe eingesetzt. Die Schüler sollen unterschiedliche Alltagsstoffe zunächst nach selbst gewählten Kriterien einteilen und ihre Zuordnung begründen. Dazu werden beispielsweise Kandiszucker, Stein, Holz, Glas, Hartgummi und Kork als (relativ) harte Feststoffe, Knete, Styropor, Schaumstoff und Aluminium als weiche bzw. leicht verformbare Feststoffe, Wasser, Essig, Öl und Honig als Flüssigkeiten präsentiert.

In der Unterrichtserprobung unterteilten einige wenige Schüler nach Stoffeigenschaften, wie z.B. Farbe oder Transparenz. Sehr häufig dagegen wurde, wie in den bereits erwähnten Studien, in drei Gruppen eingeteilt: Wasser, Öl, Essig und Honig in eine Gruppe, da sie laut Schülernaussage flüssig sind. Knete, Styropor, Schaumstoff und Aluminium wurden einer zweiten Gruppe zugeordnet, von den Schülern als Gruppe der weichen Stoffe benannt. Kandiszucker, Stein, Holz und Glas teilten die Schüler in eine dritte Gruppe ein, die sie als harte Stoffe bezeichneten. Die Zuordnung von Hartgummi und Kork zur zweiten bzw. dritten Gruppe variierte bei einzelnen Schülern.

Anschließend erhalten die Schüler die Aufgabe alle vorliegenden Stoffe in nur zwei Gruppen einzuteilen. In der Unterrichtserprobung fassten daraufhin alle Schülergruppen die harten und weichen Feststoffe in eine Gruppe zusammen und bezeichneten diese meist als nicht flüssige Stoffe. Daran anknüpfend wird auf anschauliche Weise der Unterschied zwischen Flüssigkeiten und Feststoffen erarbeitet, z.B. durch Umschütten von flüssigen und festen Stoffen in verschieden geformte Gefäße. Dabei können die Schüler erkennen, dass Flüssigkeiten im



Gegensatz zu Feststoffen keine eigene Form besitzen und sich immer der Form des Gefäßes anpassen. Anhand dieser Demonstration kann den Schülern auch deutlich gemacht werden, dass weiche Stoffe, wie alle Feststoffe, eine bestimmte/ eigene Form besitzen. Sie passen sich nicht - ohne äußere Krafteinwirkung - der Gefäßform, in die sie gegeben werden, an. Mit der Erarbeitung des Unterscheidungsmerkmals von Flüssigkeiten und Feststoffen wird durch den Lehrer der Begriff fest eingeführt. Eine Auseinandersetzung mit pulverförmigen Feststoffen erfolgt gesondert am Ende der Unterrichtseinheit (vgl. Lerninhalt 5, S. 54).

#### **Zu 4) Stoffeigenschaften verschiedener Flüssigkeiten**

Nach der Erarbeitung der Aggregatzustände fest und flüssig, bei der der Stoffbegriff ganz gezielt auf Flüssigkeiten erweitert wird, sollen die Schüler nun verschiedene Flüssigkeiten (Wasser, Essig, Öl, Benzin, Spiritus) anhand ihrer Stoffeigenschaften erkennen, beschreiben und somit unterscheiden lernen. Hierbei wird der Lernprozess wieder durch vielfältige sinnliche Wahrnehmungen unterstützt. Zusätzlich kann an dieser Stelle die Brennbarkeit als weitere Stoffeigenschaft eingeführt werden. Am Beispiel von Öl besteht die Möglichkeit, schon auf Stoffeigenschaften wie die Dichte im Sinne von „leichter als Wasser“ oder die Löslichkeit in Wasser im Sinne von „nicht mit Wasser mischbar“ vorzubereiten.

Im Zusammenhang mit dem Unterscheiden von Flüssigkeiten verfolgt die Behandlung von Stoffeigenschaften noch ein anderes wesentliches Ziel: Die Schüler sollen lernen, dass das Wissen um unterschiedliche Stoffeigenschaften sowie die Fähigkeit diese zu erkennen, sehr wichtig für einen richtigen und gefahrlosen Umgang mit Alltagsstoffen im täglichen Leben ist. Vor allem dann, wenn es sich bei Alltagsstoffen um Gefahrstoffe handelt. Damit wird einem wesentlichen Aspekt der Sicherheitserziehung Rechnung getragen. Dementsprechende Hinweise finden sich auch in den Rahmenplänen Bayerns und Sachsens.

Bayern; Themenbereich: Erfahrungen mit Wasser (Jgst. 2)

- „Um die Gefahren bei Flüssigkeiten wissen, die ähnlich wie Wasser aussehen: Sicherheitserziehung: Sinnestäuschung durch gleiches Aussehen, unterschiedliche Eigenschaften: *entzündlich/feuergefährlich*, ätzend, reizend, giftig; Kennzeichnung durch Gefahrensymbole“ [B 2000, S. 114]

Sachsen; Themenbereich: Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur (Jgst. 1/2)

- „Kennen wesentlicher Eigenschaften des Wassers durch Experimentieren: ..., Gefahren beim Umgang mit wasserähnlichen Flüssigkeiten: ..., Vorsicht bei ätzenden, giftigen, reizenden, feuergefährlichen Lösungen im Haushalt, Möglichkeiten und Notwendigkeit der Kennzeichnung, richtige Lagerung“ [S 2004, S. 10]

Hessen; Themenbereich: Materialien/Materialeigenschaften (Jgst. 3/4)

- „Verschiedene Flüssigkeitsarten (Öl, Wasser, Benzin, Alkohol usw.) sowie deren Lagerung, Verwendung, Gebrauch, Entsorgung kennen lernen“ [HE 1995, S. 136]

#### **Zu 5) Vertiefung in Bezug auf Stoffe und Stoffeigenschaften**

Nach den Untersuchungsergebnissen von STAVY & STACHEL erweist sich die richtige Klassifizierung von pulverförmigen Stoffen als besonders schwierig. Diese werden während der gesamten Grundschulzeit lediglich zu ca. 15 % als Feststoff eingeordnet. Da sich Pulver ähnlich wie Flüssigkeiten verhalten - nehmen die Form des Gefäßes an, in dem sie aufbewahrt werden, man kann sie auskippen - werden sie oft den Flüssigkeiten zugeordnet. Erst ab der 6. Klasse sehen die Kinder Pulver kaum noch als Flüssigkeiten an. Mit zunehmendem Alter erfolgt die häufigere Klassifizierung in eine Zwischenkategorie: 56 % der 3.-Klässler, 61 % der 7.-Klässler. Aufschlussreich ist auch die Reihenfolge verschiedener Pulver bezüglich ihrer richtigen Einteilung als Feststoffe: Sägemehl (19,4 %), Sand (17,7 %), Aluminium-Pulver (17,1 %), Zucker (14,2 %), Mehl (13,7 %). Es scheint, je kleiner die Körner des Pulvers sind, desto geringer ist die

richtige Einordnung als Feststoff. Weiterhin war die Kenntnis, dass pulverförmige Stoffe aus kleinen, festen Körnern bestehen, neben der Aussage, Pulver sei „nicht flüssig“, ein wesentlicher Aspekt beim Begründen der richtigen Klassifizierung als Feststoff [STAVY & STACHEL 1985, S. 418].

CAREY hat in ihren Forschungen u.a. herausgefunden, dass die Mehrheit der 7-Jährigen der Auffassung ist, ein Material sei nach Zermahlen zu Pulver nicht mehr das gleiche. Beim Zersägen von Holz zu feinen Spänen beispielsweise entsteht nach Meinung dieser Kinder angeblich etwas Anderes. In ihren Augen wird der Eindruck erweckt, dass aus dem vorher harten und festen Material sogar etwas Umschüttbares wie eine Flüssigkeit geworden ist. Die Erkenntnis der Materialkonstanz, also dass die Material- bzw. Stoffart bei Zerteilung in noch so kleine Stoffportionen erhalten bleibt, setzt offensichtlich ein gewisses Maß an Abstraktionsvermögen voraus. Erst 50 % der 9-Jährigen erfassen die Materialkonstanz bei Zerpulverung [CAREY & GELMAN 1991 aus STRUNK 1998, S. 87].

Übereinstimmend mit STRUNK sollte ein Verständnis für die Erhaltung der Stoffart bei Umformung bzw. Zerkleinerung frühzeitig gefördert werden, da ein solches grundlegend für die Vermittlung physikalischer und chemischer Inhalte ist.

Aus diesem Grund beschäftigt sich ein abschließender Unterrichtsabschnitt der UE 2 „Körper und Stoffe“ gesondert mit pulverförmigen Feststoffen und der Erhaltung der Stoffart bei Zerteilung. Anknüpfend an Alltagserfahrungen werden diese vertiefenden Lerninhalte am Beispiel von Zucker erarbeitet. Folgende vorangegangene Erfahrungen im Unterricht können dabei unterstützend wirken: In der ersten Unterrichtseinheit betrachteten die Schüler bereits Kristalle des feinen Zuckers unter der Lupe und verglichen diese mit einem Stück Kandiszucker. Außerdem kommt im Sinnesparcours an der Station 8 „Die Schütteldose“ (Erkennen unterschiedlicher Stoffe am Klang) bereits Zucker in unterschiedlichem Zerteilungsgrad zum Einsatz: Puderzucker, feiner Zucker bzw. Kristallzucker und Kandiszucker.

Mit folgender Demonstration kann der Lehrer einen scheinbaren Widerspruch initiieren: Feiner Zucker wird in verschieden geformte Gefäße umgeschüttet. Die Stoffportion passt sich stets der jeweiligen Form des Gefäßes an - wie bei Flüssigkeiten. Daran anknüpfend werden im Unterrichtsgespräch Schülermeinungen eingeholt, ob es sich bei Zucker um einen Feststoff oder eine Flüssigkeit handelt und diskutiert.

In der Unterrichtserprobung ordneten 57 % der Schüler (20 von 35 Schülern) den Zucker trotzdem als Feststoff ein. Sie begründeten ihre Aussage z.B. mit: „weil der Zucker winzige Steinchen hat“ oder „weil jedes einzelne Zuckerkörnchen verändert seine Form nicht“. Durch das Untersuchen der Zuckerkristalle und einen eventuell wiederholenden Einsatz der Lupe bzw. eines Mikroskops kann den Schülern veranschaulicht werden, dass die einzelnen Zuckerkristalle tatsächlich eine eigene/ bestimmte Form haben und feiner Zucker somit ein Feststoff ist.

Anhand von Kandiszucker, feinem Zucker und Puderzucker wird den Schülern erklärt, dass Stoffe in unterschiedlichem Zerteilungsgrad vorliegen können. Dass der Stoff selbst bei Zerkleinerung oder Zerpulverung erhalten bleibt, lässt sich bei Zucker mittels Geschmacksprobe überprüfen. Als weitere Beispiele für pulverförmige Feststoffe können Salz und Sand untersucht werden.

Das Verständnis für die Materialkonstanz kann im Unterricht auch durch Einbeziehung von Alltagserfahrungen gefördert werden: Das Zerkleinern von Lebensmitteln (Kartoffeln, Möhren, Käse, Nüssen, ...) mit Messer oder Küchenreibe, das Bearbeiten von Werkstoffen (Holz, Eisen) mit Feile oder Säge. Mittels Magnet kann bestätigt werden, dass es sich bei kompakten Eisenstücken, Eisenwolle, Eisenspänen oder Eisenpulver stets um die gleiche Stoffart handelt. Wiederholend kann das Zerteilen und Umformen von Knete aufgegriffen werden. Es wird herausgestellt, dass zwar Körper bzw. Gegenstände über die Form definiert werden. Die Stoffart selbst, in diesem Fall Knete, bleibt jedoch unabhängig von der Form bestehen.

Mit der Entwicklung eines Verständnisses für Materialkonstanz wird eine wichtige Grundlage für die Einführung der Stoffumwandlung in der siebten Unterrichtseinheit geschaffen. Denn im

Unterschied zu Vorgängen der Stoffumformung bzw. -zerteilung entstehen bei einer Stoffumwandlung tatsächlich neue Stoffe, erkennbar an anderen Stoffeigenschaften.

Die unterschiedlichen Formen von Kohlenstoff (Grillkohle/ Holzkohle, Zeichenkohle, Kohlepulver bzw. -staub, Kohletabletten, Ruß) und seine Verwendungsmöglichkeiten stellen den letzten Lerninhalt dieser Unterrichtseinheit dar. Auch an diesem Beispiel lässt sich die Einsicht für Materialkonstanz und ein Verständnis für die Unterscheidung von Körper und Stoff fördern. Darüber hinaus sollen die Schüler, in Vorbereitung auf die UE 7 „Stoffumwandlung“ und die UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“, mit Kohlenstoff und seinen Eigenschaften vertraut gemacht werden. Das Erkennen einer Stoffumwandlung - am Beispiel des Verkohlens von Zucker, Milch und Holz - setzt voraus, dass die Schüler den dabei entstehenden Kohlenstoff an seinen Eigenschaften identifizieren können.

Bei der Erarbeitung der notwendigen Voraussetzungen für die Entstehung von Feuer steht u.a. Kohlenstoff (Grillkohle) im Blickpunkt von Untersuchungen.

### 5.2.3. Möglicher Unterrichtsverlauf

Die Beschreibung eines möglichen Unterrichtsverlaufs strukturiert sich in Form von Doppelstunden. Wesentliche Unterrichtsabschnitte werden zunächst in einer Tabelle dargestellt. Dabei werden folgende Abkürzungen benutzt: AM: Anschauungsmittel, EA: Einzelarbeit, GA: Gruppenarbeit, HA: Hausaufgabe, L: Lehrer, LD: Lehrerdemonstration, LDE: Lehrerdemonstrationsexperiment, LV: Lehrervortrag, PA: Partnerarbeit, S: Schüler, SB: Schülerarbeitsblatt, SDE: Schülerdemonstrationsexperiment, SE: Schülerexperiment, ST: Schülertätigkeit, UE: Unterrichtseinheit, UG: Unterrichtsgespräch.

Im Anschluss an jede Tabelle werden einzelne Unterrichtsabschnitte (mit \* markiert) detaillierter beschrieben, insbesondere die Durchführung von Experimenten und Erfahrungen aus der Unterrichtserprobung (gekennzeichnet durch: ► **Aus der Praxis:**).

[illegible]





## Zu 1. Vorbereitung auf den Sinnesparcours

Zunächst werden allgemeine Hinweise zur Vorbereitung des Sinnesparcours durch den Lehrer gegeben.



abgeteilter Karton, bestückt mit Fotodosen

Der Sinnesparcours besteht aus zehn Materialposten. Als Materialkisten kann man einfache Schuhkartons verwenden. Da die Partner an den meisten Stationen jeweils unterschiedliche Stoffe und Körper erkennen sollen, werden die Kartons entsprechend geteilt, z.B. durch eine Pappwand. Die beiden Kartenhälften können zusätzlich durch zwei verschiedene Farben gekennzeichnet werden. Vor Beginn des Parcours entscheidet sich jeder Schüler des Paares für eine Farbe. Kleinere Stoffproben oder auch flüssige (Wasser, Essig, Öl) und pulverförmige Stoffe (Salz, Zucker, Sand) können in extra Plastikbehälter bzw. Fotodosen gelagert werden.

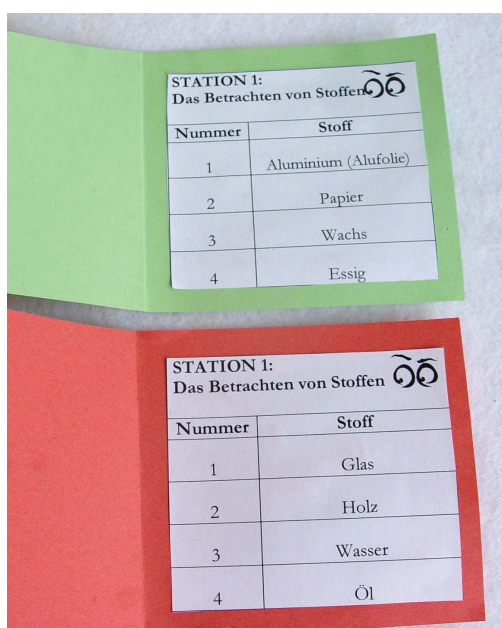
(Leere Filmdosen sind z.B. in Drogerien mit Filmannahmestellen kostenlos erhältlich.)



Gegenstände/ Stoffe mit Alufolie abgedeckt

Die Arbeitsanleitungen für die Schüler (siehe *AM S. 7 - 11*) können oben auf die Kartondeckel geklebt werden.

Liegen Gegenstände oder Stoffproben offen im Karton, empfiehlt es sich, diese abzudecken.



Materiallisten als Kontrollmöglichkeit

Die Materiallisten (siehe *AM S. 12 - 19*), welche den Schülern gleichzeitig als Kontrollmöglichkeit ihrer aufgestellten Vermutungen dienen, können als Klappkarten in die jeweilige Kartenhälfte gelegt werden.

Zum Verbinden der Augen werden Tücher an den entsprechenden Stationen (2, 3, 4, 5, 6, 7) bereitgelegt.



## Zu 1. Vorbereitung auf den Sinnesparcours und Zu 2. Durchführung des Sinnesparcours

In diesem Abschnitt werden die Vorbereitungen und die Aufgaben zu den einzelnen Stationen näher beschrieben.

### Zu STATION 1: Das Betrachten von Stoffen



abgeteilter und bestückter Schuhkarton



Alufolie, Glas, Holz als Stoffproben

Der Karton wird durch eine Pappwand in zwei Hälften geteilt. Diese werden mit unterschiedlichen Stoffen bestückt. Die Stoffe (z.B. Holz, Styropor, Glas, Wasser, Speiseöl, Wachs) werden in nummerierten Fotodosen aufbewahrt. Die Schüler sollen die Fotodosen öffnen und nur durch aufmerksames Betrachten die einzelnen Stoffe erkennen. Die Fotodosen dürfen auch in die Hand genommen und vorsichtig hin- und herbewegt werden. Bei diesem Versuch sollte man keine stark riechenden Stoffe verwenden, da der Geruch die Entscheidung beeinflussen könnte.

Arbeitsauftrag siehe *AM S. 7*  
Materialliste siehe *AM S. 12*

### Zu STATION 2: Das Erschmecken von Stoffen



abgeteilter und bestückter Schuhkarton



Erdnüsse, Kokossplitter, Popcorn, Zitronensaft als Geschmacksproben

Der Karton wird in zwei Hälften unterteilt und jeweils mit unterschiedlichen Lebensmitteln bestückt. Die Schüler sollen die Lebensmittel mit verbundenen Augen am Geschmack erkennen. Die Lebensmittelportionen können in leeren, nummerierten Fotodosen aufbewahrt werden. Die Fotodosen müssen nach der Geschmacksprobe wieder geschlossen und in den Karton zurückgestellt werden. Flüssigkeiten (Wasser, Zitronensaft, Pfefferminztee, ...) können z.B. in Gläsern oder mit einem Löffel bzw. einer Pipette gereicht werden.

Arbeitsauftrag siehe *AM S. 7*  
Materialliste siehe *AM S. 13*

## Zu STATION 3: Das Erriechen von Stoffen



abgeteilter und bestückter Schuhkarton



Kakao



Nelken



Kamille („Kamillan“  
auf Watte getropft)

Der Karton kann geteilt werden, um beide Hälften mit unterschiedlichen Duftstoffen zu füllen. Aufgabe ist es, die unterschiedlichen Duftstoffe mit verbundenen Augen am Geruch zu erkennen. Die Geruchsträger können aus unterschiedlichen Bereichen stammen:

- Gewürze/Heilkräuter (Zimt, Anis, Paprika, Nelken, Pfefferminze, Kamille, Knoblauch, ...),
- Lebensmittel (Kaffeepulver, Kakao, ...),
- Bad/Hygiene (Parfüm, Seife, Waschmittel, ...),
- Technischer Bereich (Benzin, Motoröl, ...).

Zur Aufbewahrung der Duftstoffe eignen sich auch hier leere Filmdosen. Bei flüssigen Geruchsträgern empfiehlt es sich, das Filmdöschen mit etwas Watte zu füllen und anschließend die Flüssigkeit aufzuträufeln. Praktisch sind auch die kleinen Fläschchen mit ätherischen Ölen, die man im Drogeriemarkt kaufen kann. Sie sind in verschiedenen Geruchsvariationen erhältlich (Minze, Orange, Vanille, Lebkuchen, ...).

### Didaktisch-methodische Hinweise:

Es sollten keine zu scharfen Substanzen verwendet werden, die für Augen, Nase oder Haut gefährlich werden könnten.

Arbeitsauftrag siehe *AM S. 8*

Materialliste siehe *AM S. 14*

## Zu STATION 4: Das Ertasten von Alltagsgegenständen



abgeteilter und bestückter Schuhkarton



Sonnenbrille, Teelicht, Tasse, Zahnbürste, Legosteine, Schraube als Alltagsgegenstände

Der Karton wird halbiert. Beide Hälften werden mit jeweils unterschiedlichen Gegenständen bestückt, die die Schüler aus dem Alltag kennen (z.B. Brille, Strohhalm, Armbanduhr, Tasse, ...). Aufgabe ist es, die verschiedenen Gegenstände mit verbundenen Augen anhand ihrer Form zu erkennen.

Arbeitsauftrag siehe *AM S. 8*

Materialliste siehe *AM S. 15*

## Zu STATION 5: Das Ertasten von mathematischen Körpern



bestückter Schuhkarton, nicht abgeteilt

An dieser Station sollen beide Schüler ganz bestimmte Körperformen, wie Kugel, Quader, Würfel, Kegel, Zylinder und Pyramide mit verbundenen Augen erfühlen und benennen. Der Karton wird in diesem Fall nicht unterteilt. Sind den Schülern diese Begriffe aus dem Mathematikunterricht noch nicht bekannt, kann die Materialliste mit den darauf abgebildeten Körpern und Begriffen unterstützend als Arbeitsblatt sichtbar auf den Tisch gelegt werden. Die Schüler können die Körper dann erfühlen und den Bildern und Begriffen zuordnen.

Arbeitsauftrag siehe AM S. 9

Materialliste siehe AM S. 16

## Zu STATION 6: Das Ertasten von Stoffen unterschiedlicher Form



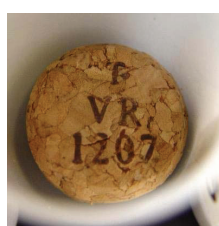
abgeteilter und bestückter Schuhkarton

Der Karton wird in zwei Bereiche unterteilt und mit jeweils verschiedenen Materialien (Stoffproben) bestückt. Diese sollten allerdings nicht die Form von Alltagsgegenständen haben. Denn Aufgabe ist es, durch Ertasten und Erfühlen die verschiedenen Stoffe (und nicht Gegenstände) zu identifizieren.

Als feste Stoffe können beispielsweise Glas, Holz, Metall, Styropor, Knete oder Textilstoff, aber auch Sand oder Salz als pulverförmige Feststoffe verwendet werden. Die Stoffe können in nummerierten Fotodosen aufbewahrt werden. Wasser - als flüssiger Stoff - kann z.B. auch in ein kleines, verschließbares Einweckglas mit folgender Aufschrift gefüllt werden:



Sand



Kork

*Öffne den Deckel und führe vorsichtig die Hand deines Partners in das Gefäß! Frage deinen Partner: „Welcher Stoff befindet sich darin?“*

Arbeitsauftrag siehe AM S. 9

Materialliste siehe AM S. 17



## Zu STATION 7: Das Ertasten von Stoffen gleicher Form



bestückter Schuhkarton, nicht abgeteilt

Bei diesem Versuch sollen erneut unterschiedliche Stoffe durch Ertasten identifiziert werden. Allerdings besitzen die Stoffe (z.B. Holz, Plastik, Styropor, Gummi oder Glas) diesmal alle die gleiche Form, z.B. Kugelform.

Arbeitsauftrag siehe AM S.10

Materialliste siehe AM S.18

## Zu STATION 8: Die Schütteldose



abgeteilter und bestückter Schuhkarton

Für jeden der beiden Schüler werden unterschiedliche Materialposten vorbereitet. Aufgabe ist es, unterschiedliche Stoffe am Klang zu erkennen. Damit dies möglich ist, wurde eine Zuordnungsaufgabe entwickelt. Für jeden Schüler liegen jeweils vier Stoffportionen, z.B. in Schälchen, auf dem Tisch sichtbar bereit. Die Stoffe werden auch benannt, durch Zettel oder Kärtchen passend zum Schälchen. Dieselben Stoffe befinden sich in undurchsichtigen, verschlossenen und nummerierten Fotodosen. Durch Schütteln sollen die Schüler herausfinden, in welcher Fotodose sich welcher Stoff versteckt.

Als Variation und möglichen Anknüpfungspunkt für ein späteres Unterrichtsthema (Zerteilungsgrad von Stoffen) soll ein Schüler neben Aluminium den Stoff Zucker am Klang erkennen. Allerdings in jeweils drei unterschiedlichen Formen: als Puderzucker, als feiner Zucker bzw. Kristallzucker und als Kandiszucker.

Der zweite Schüler soll stattdessen neben Sand und Korkstücken auch unterschiedliche Flüssigkeiten, wie Wasser und Öl, am Klang erkennen.

Die Lösungsblätter (Materiallisten) werden verdeckt auf den Tisch gelegt und mit den entsprechenden Farben gekennzeichnet.

Arbeitsauftrag siehe AM S.10

Materialliste siehe AM S.19

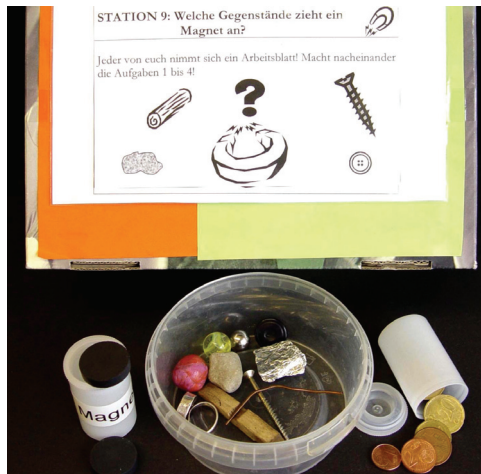


Sand, Korkstücke, Wasser und Öl sichtbar und in Fotodosen „versteckt“



Aluminiumschnipsel, Kandiszucker, feiner Zucker und Puderzucker sichtbar und in Fotodosen „versteckt“

## Zu STATION 9: „Welche Gegenstände zieht ein Magnet an?“



bestückter Schuhkarton mit unterschiedlichen Alltagsgegenständen, Magneten und verschiedenen Geldstücken

An dieser Station untersuchen beide Schüler gemeinsam dieselben Gegenstände in Bezug auf Magnetismus. Der Karton wird demzufolge nicht halbiert.

Folgende Gegenstände liegen zum Überprüfen auf Magnetismus in einer extra Box bereit: Eisenschraube, Plastikknopf, Alufolie, Stein, Eisenkugel, Glaskugel, Holzstück, Silberring und Kupferdraht.

In einem weiteren Behältnis (z.B. Fotodose) befinden sich verschiedene Geldstücke. In einer Anwendungsaufgabe sollen die Schüler überprüfen, welche Geldstücke Eisen enthalten.

Arbeitsauftrag siehe AM S. 11

Im Unterschied zu den anderen Stationen liegt zusätzlich für jeden Schüler ein Arbeitsblatt bereit (SB S. 14 „Welche Gegenstände zieht ein Magnet an?“). Es umfasst 4 Aufgabenstellungen, die entsprechend einer forschend-entwickelnden Vorgehensweise konzipiert wurden. Die Schülerpaare sollen alle Aufgaben schrittweise und selbstständig, dass heißt ohne Begleitung durch den Lehrer, bearbeiten. Die Arbeitsblätter können nach dem Sinnesparcours vom Lehrer eingesammelt und ausgewertet werden. Sie kommen in der 2. Doppelstunde wiederholend zum Einsatz. Die nachfolgende Übersicht soll die Forschend-entwickelnde Vorgehensweise durch die Schüler mithilfe des Arbeitsblattes veranschaulichen.

### Problemgewinnung

**Problemstellung/ Problemfrage:** „Welche Gegenstände zieht ein Magnet an?“  
(siehe Überschrift SB S. 19)

#### Aufstellen von Vermutungen

- S kreuzen Gegenstände an, die ihrer Meinung nach magnetisch sind (siehe SB S. 19, Aufgabe 1).
- Gegenstände liegen sichtbar auf dem Tisch (Bild 1).



#### ► Aus der Praxis:

##### Schülervermutungen (35 S = 100%)

Eisenschraube	35 S (100%)
Eisenkugel	35 S (100%)
Silberring	29 S (83%)
Kupferdraht	18 S (51%)
Alu-Folie	7 S (20%)
Glaskugel	4 S (11,4%)
Stein	2 S (5,7%)
Holzstück	0 S (0%)
Plastikknopf	0 S (0%)

→ Überprüfen der Vermutungen durch ein Experiment

#### Durchführen des Experimentes

- S überprüfen ihre Vermutungen mittels Magneten (Bild 2).

(siehe SB S. 19, Aufgabe 2)

- Eisenschraube
- Plastikknopf
- Alufolie
- Stein
- Eisenkugel
- Glaskugel
- Holzstück
- Silberring
- Kupferdraht



#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Um sicher zu gehen, dass der Magnet nicht schon in Aufgabe 1 benutzt wird, kann er den Schülern erst nach dem Ankreuzen ihrer Vermutungen gereicht werden.



↑

**Überprüfen der Vermutungen, Problemlösung**

- siehe SB S. 19, Aufgabe 3
- S ziehen aus den Beobachtungsergebnissen die Schlussfolgerung, dass nur Gegenstände aus Eisen magnetisch sind.
- S ergänzen den Lückentext.

**Didaktisch-methodische Hinweise:**

Die ebenfalls magnetischen Stoffe Kobalt und Nickel werden nicht mitberücksichtigt, da sie für die Schüler kaum alltagsrelevant sind.

↓

↓

**Beobachtung**

- magnetisch
- nicht magnetisch
- nicht magnetisch
- nicht magnetisch
- magnetisch
- nicht magnetisch
- nicht magnetisch
- nicht magnetisch
- nicht magnetisch

- S notieren die Gegenstände, die magnetisch sind, siehe SB S. 19, Aufgabe 2:  
Nur **Eisenschraube** und **Eisenkugel** werden vom Magneten angezogen.

**Wissenssicherung**


**Anwendung:**

- siehe SB S. 19, Aufgabe 4

**S erfahren im Text:**

- dass manche Gegenstände magnetisch sind, obwohl sie nicht aussehen, als ob sie aus Eisen wären,
- dass diese Gegenstände Eisen enthalten, aber einen anderen Überzug haben.

S sollen verschieden farbige Geldstücke mittels Magneten untersuchen und herausfinden, welche dieser Geldstücke Eisen enthalten (Bild 3).



Zu STATION 10: „Leichter, schwerer oder gleich schwer?“



Balkenwaage mit zwei gleich schweren Knetkugeln

Auch an dieser Station liegen begleitend Schülerblätter aus, deren Aufgaben die Schülerpaare gemeinsam und selbstständig lösen sollen (SB S. 15 „Leichter, schwerer oder gleich schwer?“). Ziel ist die Erkenntnis, dass die Masse eines Körpers bei Umformung erhalten bleibt. Dazu steht auf dem Tisch eine Balkenwaage bereit. Auf jeder Balkenschale befindet sich eine Knetkugel. Da beide Knetkugeln die gleiche Masse haben, befindet sich die Balkenwaage im Gleichgewicht.

**Didaktisch-methodische Hinweise:**

Diese Ausgangsstellung sollen die Schüler nach Beenden der Station wieder herrichten.

Arbeitsauftrag siehe AM S. 11

Die insgesamt 4 Aufgabenstellungen des Schülerblattes wurden wie in STATION 9 entsprechend einer Forschend-entwickelnden Vorgehensweise konzipiert und sollen von den Schülern in der vorgegebenen Reihenfolge selbstständig gelöst werden. Nach dem Sinnesparcours können die Arbeitsblätter vom Lehrer eingesammelt und ausgewertet werden. Eine Anwendungs- bzw. Festigungsaufgabe zu diesem Lerninhalt wird in der 3. Doppelstunde durchgeführt. Die nachfolgende Übersicht soll die forschend-entwickelnde Vorgehensweise durch die Schüler mithilfe des Arbeitsblattes veranschaulichen.

### Problemgewinnung

- S sollen von den zwei gleich schweren Knetkugeln eine Knetkugel zu einer Schlange umformen (siehe SB S. 20 „Leichter, schwerer oder gleich schwer?“, Aufgaben 1 und 2).

### Problemstellung/ Problemfrage:

„Ist die Knetschlange schwerer geworden, leichter oder ist sie gleich schwer geblieben?“ (siehe SB S. 20, Aufgabe 2)

### Aufstellen von Vermutungen

- S kreuzen ihre Vermutung an (siehe SB S. 20, Aufgabe 2).

#### ► Aus der Praxis:

Schülervermutungen (35 S = 100%)

schwerer 5 S (14,3%)

leichter 13 S (37,1%)

gleich schwer 17 S (48,6%)

→ Überprüfen der Vermutungen durch ein Experiment

### Durchführen des Experimentes

- S überprüfen ihre Vermutungen durch Wiegen mit der Balkenwaage (siehe SB S. 20, Aufgabe 3).

### Beobachtung

Die Knetschlange ist genauso schwer wie die Knetkugel.

### Überprüfen der Vermutungen/ Problemlösung

- S ergänzen Lückentext (siehe SB S. 20, Aufgabe 4).

### Wissenssicherung

#### Anwendung/ Festigung:

Diese erfolgt in der dritten Doppelstunde.




## 2. Doppelstunde

### Lerninhalte/ Lernziele:

#### 2) Einführung der Begriffe Körper und Stoff

Die Schüler sollen

- wissen, dass Gegenstände auch Körper genannt werden,
- wissen, dass Stoffe die Materialien sind, aus denen Körper bestehen,
- wissen, dass man Körper an der Form erkennt und Stoffe an Stoffeigenschaften,
- Eigenschaften von Stoffen mit ihren Sinnesorganen ermitteln und beschreiben können (z.B. Farbe, Transparenz, Glanz, Geruch, Geschmack, Verformbarkeit, Härte, Oberflächenbeschaffenheit).

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Einführen der Begriffe Körper und Stoff</b> 1.1. Ordnen von Alltagsgegenständen *  1.2. Einführen der Merksätze für die Begriffe Körper und Stoff *  1.3. Übung/ Festigung	<u>UG an einem Demonstrationstisch:</u> - ungeordnete Präsentation der verschiedenen Alltagsgegenstände, - Aufgabenstellung: Einteilung dieser Gegenstände in drei Gruppen und Begründung der gewählten Einteilung (Erklärung des Ordnungsprinzips), - Suchen und Festlegen der Oberbegriffe für die Ordnungsprinzipien. (Steuerung durch L: „Man kann nach Gegenständen oder nach den Materialien ordnen.“)  - L: „Gegenstände nennt man auch Körper. Die Materialien, aus denen Gegenstände bestehen, nennt man auch Stoffe.“ - S lesen Informationstext und ergänzen die Merksätze auf dem SB.  - ST (EA)	Alltagsgegenstände aus unterschiedlichen Materialien:  z.B. 3 Tassen, 3 Löffel und 3 Kugeln, jeweils aus Plastik, Metall und Glas (Metallkugel z.B. aus Alufolie)  <i>SB S. 21 „Körper und Stoffe“, Aufgaben 1 und 2</i>  <i>SB S. 22, Aufgabe 3</i>
<b>2. Körper (Gegenstände) erkennt man an der Form.</b>  2.1. Erarbeitung durch Einsatz von Materialkisten aus dem Sinnesparcours  2.2. Übung/ Festigung	- Reaktivieren der Schülererfahrungen aus dem Sinnesparcours  <u>UG mit aktiver Schülermitarbeit:</u> - ein oder mehrere Schüler erfüllen und benennen mit geschlossenen Augen nacheinander verschiedene Gegenstände, - S beschreiben, woran die jeweiligen Gegenstände erkannt wurden, - gemeinsame Schlussfolgerung, dass man Körper/ Gegenstände an der Form erkennt.  - ST (EA)	Materialkisten aus dem Sinnesparcours: <b>STATION 4:</b> Das Ertasten von Alltagsgegenständen  <b>STATION 5:</b> Das Ertasten von mathematischen Körpern  <i>SB S. 22 „Körper und Stoffe“, Aufgabe 4</i>



## Zu 1.1. Ordnen von Alltagsgegenständen

### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung schlugen alle Schülergruppen spontan folgende zwei Varianten vor:

a)



Die Schüler begründeten ihre Zuordnung anhand der Art bzw. Form des Gegenstandes: „Tassen, Löffel, Kugeln“. Oder sie begründeten ihre Einteilung mit dem Zweck der Verwendung: „Daraus kann man trinken. Damit kann man essen. Damit kann man kullern.“

b)



Als Begründung nannten die Schüler jeweils die unterschiedlichen Materialien, aus denen die Gegenstände bestehen: „Diese Gegenstände sind alle aus Plastik, diese aus Glas und diese Dinge bestehen aus Metall.“

Um auf die Begriffe Körper und Stoff hinzuführen, wurde zunächst gemeinsam mit den Schülern nach Oberbegriffen für die beiden Ordnungsprinzipien gesucht:

Zu a)

S<sub>1</sub>: „Ich habe nach dem Gegenstand/ Körper geordnet.“

S<sub>2</sub>: „Ich habe nach der Form geordnet.“

Zu b)

S<sub>3</sub>: „Ich habe nach dem Material/ Stoff geordnet.“

## Zu 1.2. Einführen der Merksätze für die Begriffe Körper und Stoff

### Didaktisch-methodische Hinweise:

Im nachfolgenden Unterricht werden auch weiterhin die jeweiligen Synonyme gebraucht, wobei der Begriff Gegenstand für die Schüler verständlicher erscheint und deshalb dem Gebrauch des Begriffes Körper vorgezogen wird. Bei der Einführung des Stoffbegriffes sollte dieser vom Lehrer deutlich von seiner Alltagsbedeutung abgegrenzt werden: Während das Wort Stoff umgangssprachlich z.B. textiles Gewebe, die inhaltliche Grundlage eines Romans, aber auch den Lern- oder Lehrstoff beschreibt, bezeichnet er in den Naturwissenschaften die unterschiedlichen Materialarten, aus denen Gegenstände bestehen bzw. hergestellt werden (Holz, Metall, Wachs, Plastik, Baumwolle, ...).

## Zu 3.1. Erarbeitung durch Einsatz von Materialkisten aus dem Sinnesparcours

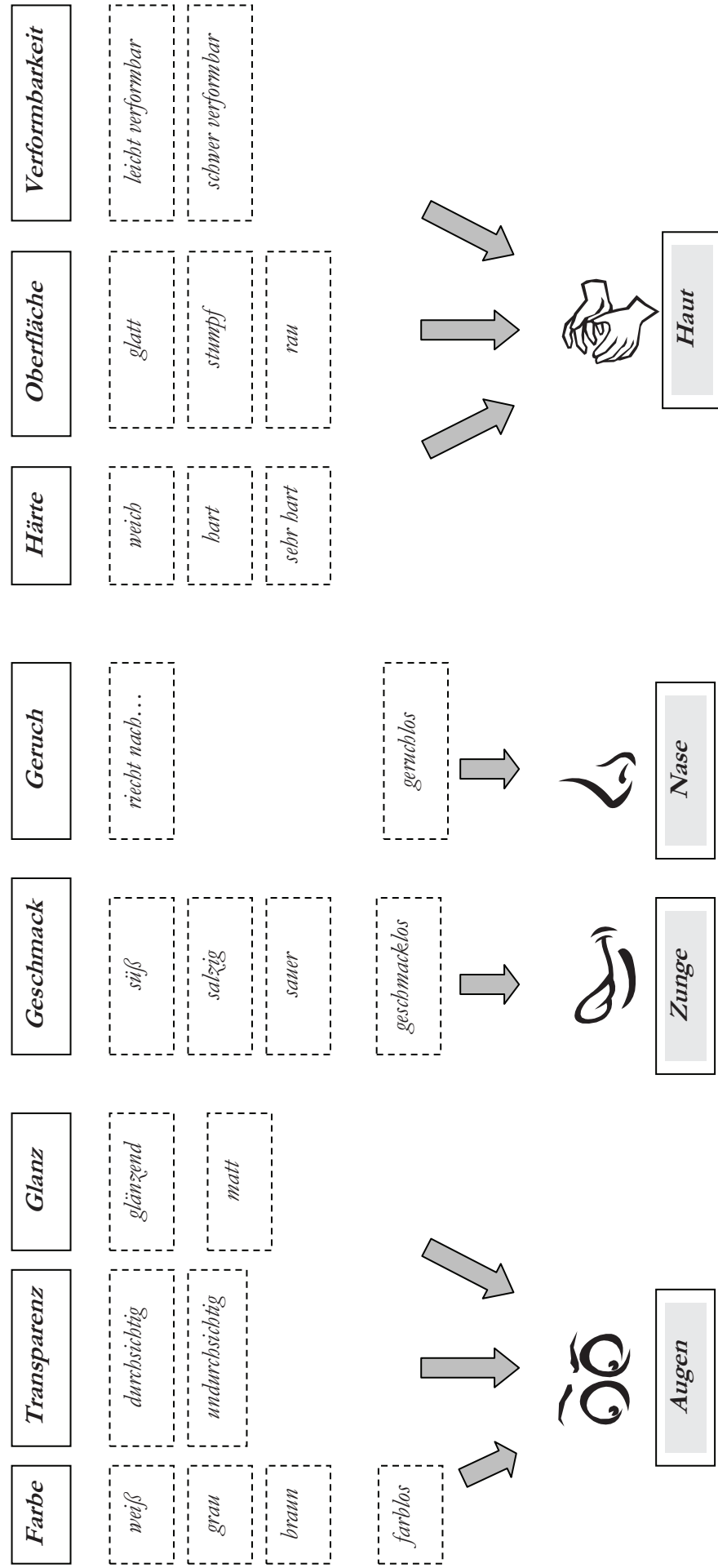
### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung benannten Schüler die Farbe von farblosen Stoffen oder Gegenständen häufig als durchsichtig. Sie verwechselten in diesem Fall Farbe und Transparenz. Den Unterschied kann man den Schülern beispielsweise anhand von Sonnenbrillengläsern und normalen Brillengläsern veranschaulichen. Die meisten Sonnenbrillengläser haben die Farbe braun. Manche sind auch rot oder blau, ... gefärbt. Durchsehen kann man aber trotzdem. Sie sind also auch transparent. Normale Brillengläser sind ebenso durchsichtig, haben allerdings keine Farbe. Sie sind farblos. Farbe und Transparenz sind also zwei unterschiedliche Stoffeigenschaften.



### Zu 3.3. Zusammenfassen von Stoffeigenschaften in einer Übersicht

Die von den Schülern zusammengetragenen unterschiedlichen Stoffeigenschaften stehen zunächst ungeordnet an der Tafel. Die Schüler sollen durch Ordnen der Stoffeigenschaften eine Übersicht erstellen. Mögliche Ergänzungsaufgabe: „Welche Stoffeigenschaften kann man mithilfe welcher Sinnesorgane erkennen? Kennzeichnet dies in der Übersicht!“  
Beispiel für eine Übersicht:



(Tasten, Drücken mit den Händen)

## Zu 4.2. Magnetismus als besondere Stoffeigenschaft von Eisen

### **Didaktisch-methodische Hinweise:**

Der Begriff Metall bezeichnet eine Gruppe von Stoffen, die gemeinsame Eigenschaften besitzen, z.B. metallischer Glanz (bei kompakten Stücken), Verformbarkeit (z.B. Schmiedbarkeit) oder gute Leitfähigkeit für Wärme und elektrischen Strom. In Aufgabe 2 auf dem *SB S. 19* „*Welche Gegenstände zieht ein Magnet an?*“ erfahren die Schüler bereits an konkreten Beispielen, dass es verschiedene Metalle gibt. Im weiteren Unterrichtsverlauf wird allerdings noch nicht auf eine exakte Trennung zwischen Metall als Oberbegriff und speziellen Metallarten hingearbeitet.

### 3. Doppelstunde

#### Lerninhalte/Lernziele:

#### 3) Einführung der Aggregatzustände fest und flüssig

Die Schüler sollen

- Stoffe in fest und flüssig einteilen und diese Zuordnung begründen können,
- erkennen, dass weiche bzw. leicht verformbare Stoffe ebenfalls zu den Feststoffen zählen.

#### 4) Stoffeigenschaften verschiedener Flüssigkeiten

Die Schüler sollen



- unterschiedliche Flüssigkeiten aus dem Haushalt bzw. Alltag anhand der Stoffeigenschaften erkennen und beschreiben können (z.B. Farbe, Geruch, Brennbarkeit von Benzin und Spiritus, Nichtmischbarkeit von Wasser und Öl),
- das Gefahrstoffsymbol „Leichtentzündlich“ und dessen Bedeutung kennen.

#### 5) Vertiefung in Bezug auf Stoffe und Stoffeigenschaften

Die Schüler sollen

- erkennen, dass pulverförmige Stoffe (z.B. Zucker) ebenfalls Feststoffe sind und diese Erkenntnis begründen können,
- erfahren, dass Feststoffe in unterschiedlichem Zerteilungsgrad vorliegen können,
- ein Verständnis für die Erhaltung der Stoffart bei Umformung bzw. Zerteilung entwickeln,
- den Stoff „Kohlenstoff“ kennen lernen: Vorkommen und Verwendungsmöglichkeiten sowie Kohlenstoff anhand von Stoffeigenschaften beschreiben können.

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und Methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Die Masse eines Körpers bleibt bei Zerteilung und Umformung erhalten.</b> 1.1. Problemgewinnung <u>Problemfrage:</u> „Ändert sich die Masse eines großen Knetklumpens, wenn dieser mehrmals geteilt wird und alle Teile zu verschiedenen Figuren umgeformt werden?“  1.2. Aufstellen von Vermutungen * Überprüfen der Vermutungen durch ein Experiment  1.3. Durchführen des Experimentes *  1.4. Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse <u>Problemlösung</u>	forschend-entwickelnd:  - Aufwerfen der Problemfrage durch den L (Wiederholung mit veränderter Aufgabenstellung, siehe Sinnesparcours STATION 10: „Leichter, schwerer oder gleich schwer?“)  - Einholen der Schülervermutungen durch den L  - S überprüfen mittels Experiment die aufgestellten Vermutungen.  <u>Beantworten der Problemfrage:</u> - Die Masse der Knete bleibt bei Zerteilung, Umformung erhalten. - Austeilen der SB, Kontrolle des Lückentextes in Aufgabe 4	SE (GA): Wiegen, Zerteilen, Umformen und erneutes Wiegen von Knete         SB S. 20 „Leichter, schwerer oder gleich schwer?“, Aufgabe 4
<b>2. Einführen der Aggregatzustände fest und flüssig</b>  2.1. Ordnen verschiedener fester und flüssiger Alltagsstoffe nach selbst gewählten Kriterien *	- Anknüpfung an „Stoffe und Stoffeigenschaften“  <u>UG an einem Demonstrationstisch:</u> - ungeordnete Präsentation verschiedener fester und flüssiger Alltagsstoffe,	- flüssige Alltagsstoffe, z.B. Wasser, Öl, Essig, Honig - feste Alltagsstoffe (u.a. auch weiche Stoffe), z.B. Stein, Holz, Glas, Knete, Styropor, Aluminium, Korkstück, Schaumstoff, Kandiszucker, Plastik

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p>2.2. „Wodurch unterscheiden sich flüssige und nicht flüssige (feste) Stoffe?“ *</p> <p>2.3. Festhalten der neuen Erkenntnisse</p>	<p>- Aufgabenstellung für S: Einteilung der Stoffe in Gruppen und Begründung der gewählten Einteilung (ggf. Steuerung durch den L durch Vorgabe der Gruppenanzahl 2),</p> <p>- Einteilung der Stoffe in flüssig und nicht flüssig (mögliche Einführung des Begriffes fest).</p> <p><u>UG:</u></p> <p>- L holt Schülervorstellungen ein,</p> <p>- gemeinsames Erarbeiten der Unterschiede zwischen flüssig und nicht flüssig (fest) am Demonstrationstisch</p> <p>- Einführen der Begriffe fest (oder schon bei 2.1.) und Aggregatzustand (Zustandsform/ Zustandsart)</p> <p>- S ergänzen die Übersicht auf dem SB.</p> <p>(Zunächst werden nur die ersten beiden Spalten der Tabelle ausgefüllt. Die dritte Spalte wird in der UE 3 mit Luft als gasförmigen Stoff ergänzt.)</p>	 <p>(Damit die Schüler sich auf die Stofflichkeit konzentrieren, sollten die Feststoffe nicht in Form von Alltagsgegenständen erscheinen.)</p> <p>LD mit ST : Umschütten von Wasser und verschiedenen Feststoffen in unterschiedlich geformte Gefäße</p> <p><i>SB S. 24 „Wir können Stoffe einteilen“, Aufgabe 1</i></p>
<p><b>3. Stoffeigenschaften verschiedener Flüssigkeiten *</b></p> <p>3.1. Problemgewinnung</p> <p><u>Problemfrage:</u></p> <p>„Woran (an welchen Stoffeigenschaften) erkennt man die unterschiedlichen Flüssigkeiten Wasser, Essig, Öl, Benzin und Spiritus (Alkohol)?“</p> <p>Problemlösung mithilfe von Untersuchungen</p> <p>3.2. Durchführen von Untersuchungen</p> <p>3.3. Ziehen von Schlussfolgerungen aus den Beobachtungsergebnissen</p>	<p>forschend-entwickelnd:</p> <p><u>L-Impuls:</u></p> <p>Verwendung unterschiedlicher Flüssigkeiten im Haushalt bzw. Alltag mit teilweise gefährlichen Eigenschaften</p> <p>- schrittweises Ermitteln und Vergleichen der Stoffeigenschaften</p> <p>- UG, Benennen der Stoffe und Beschreiben der Stoffeigenschaften</p>	<p>verschiedene flüssige Alltagsstoffe, z.B. Wasser, Öl, Essig, Feuerzeugbenzin, Brennspritus</p>  <p>LDE mit ST</p>

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p>3.4. Wissenssicherung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nutzen der Nichtmischbarkeit von Öl (Fett) und Wasser</li> <li>- Einführen des Gefahrstoffsymbols für leichtentzündlich</li> </ul>	<p><u>Wiederholung:</u> Aufgreifen der Problemfrage „Warum bestreichen Enten ihr Gefieder regelmäßig mit Fett?“ (siehe UE 1)</p> <p><u>Anwendung:</u> Einfetten von Schuhen mit Schuhcreme, Einreiben von Autos mit Wachs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L weist S darauf hin, dass es wichtig ist, Flüssigkeiten mit gefährlichen Eigenschaften entsprechend zu kennzeichnen.</li> <li>- Zeigen des Gefahrstoffsymbols auf den Verpackungen von Feuerzeugbenzin und Brennspritus</li> </ul>	<p>siehe SB S. 5 „Wie arbeiten Naturwissenschaftler?“, Aufgabe 2 (UE 1)</p>  <p>Feuerzeugbenzin      Brennspritus</p>
<p><b>4. Vertiefung in Bezug auf Stoffe und Stoffeigenschaften</b></p> <p>4.1. Auch pulverförmige Stoffe sind Feststoffe./ Erhaltung der Stoffart bei Umformung und Zerteilung *</p>	<p><u>UG an einem Demonstrationstisch:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L provoziert durch LD folgende Fragestellung: „Ist feiner Zucker fest oder flüssig?“,</li> <li>- Einholen der Schülermeinungen, Diskussion.</li> <li>- S sollen durch Betrachten der Form eines einzelnen Zuckerkristalls erkennen, dass dieser eine eigene Form besitzt.</li> </ul> <p><u>Einführen des Zerteilungsgrades von Stoffen am Bsp. des Zuckers:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S vergleichen Form des Zuckerkristalls mit einem Stück Kandiszucker,</li> <li>- S schlussfolgern durch Ermitteln der charakteristischen Stoffeigenschaft (süßer Geschmack), dass die Stoffart bei Zerteilung erhalten bleibt.</li> </ul> <p><u>mögliche Festigung der Erkenntnis durch weitere Beispiele:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Salz, Sand als pulverförmige Feststoffe,</li> <li>- Erhaltung der Stoffart: Zerkleinern von Lebensmitteln, Bearbeiten von Werkstoffen/ Materialien,</li> <li>- Zeigen, dass Stoffart Eisen bei Zerteilung erhalten bleibt: Einsatz von Magneten.</li> </ul>	<p>LD: Umschütten von Zucker (feiner Zucker bzw. Kristallzucker) in verschiedenen geformte Gefäße: Der Zucker passt sich der jeweiligen Gefäßform an.</p> <p>feiner Zucker, Lupen, (Mikroskop)</p>  <p>feiner Zucker, Kandiszucker, Puderzucker</p> <p>Sand, Salz,</p> <p>Käse, Möhren, Nüsse, Knete, Holz, Eisen in unterschiedlichem Zerteilungsgrad</p>
<p>4.2. Kohlenstoff – unterschiedliche Formen und Verwendungsmöglichkeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S betrachten/ untersuchen verschiedene Formen von Kohlenstoff.</li> <li>- S lösen Aufgaben auf dem SB.</li> </ul>	<p>Grill- und Zeichenkohle, Kohletabletten, Kohlestaub</p> <p>SB S. 25 „Kohlenstoff – ein vielfältiger Stoff“, Aufgaben 1 - 3</p>



## Zu 1.2. Aufstellen von Vermutungen

Durch den Einsatz dieser Wiederholungsaufgabe (anknüpfend an die Aufgabenstellung an der Station 10 des Sinnesparcours) soll bei den Schülern die Einsicht der Masseninvarianz und ein grundsätzliches Verständnis für das Prinzip der Erhaltung weiter gefördert werden. Denn Kinder erkennen nicht grundsätzlich und schlagartig ab einem bestimmten Alter die Invarianz der Masse, sondern allmählich (siehe S. 44, erster Abschnitt).

### ► Aus der Praxis:

Obwohl die Schüler im Sinnesparcours an der Station 10 bereits erfahren haben, dass die Masse einer Knetkugel bei Umformung zu einer Knetschlange erhalten bleibt, vertraten nun bei veränderter Aufgabenstellung 28 von 35 Schülern (80 %) die Auffassung, dass sich die Knetmasse bei Ausführung der genannten Vorgänge ändert. Nur 7 Schüler (20 %) vermuteten, dass die Masse gleich bleibt.

## Zu 1.3. Durchführen des Experimentes

### Materialien

pro Klasse:

- eine Digitalwaage (z.B. Küchenwaage).

pro Gruppe:

- ein größeres Stück Knete,
- ein Tablett.

### Durchführung

Jede Gruppe erhält ein größeres Stück Knete und ermittelt dessen Masse mithilfe einer Digitalwaage. Anschließend wird die Knete auf alle Gruppenmitglieder aufgeteilt. Jeder Schüler formt sein Stück Knete beliebig um. Alle Knetfiguren der Gruppe werden zusammen auf die Waage gelegt und gewogen. Die Masse wird mit der Ausgangsmasse verglichen.

### Beobachtung

Die Knetfiguren wiegen zusammen genauso viel wie das große Knetstück vor dem Zerteilen und Umformen.

### Didaktisch-methodische Hinweise:

Vor Versuchsbeginn sollten die Schüler angehalten werden, sauber und sorgfältig zu arbeiten. Denn sobald etwas Knete „verloren geht“ (z.B. durch Haftenbleiben an der Tischplatte oder an den Händen) wird das Versuchsergebnis verfälscht.

## Zu 2.1. Ordnen verschiedener fester und flüssiger Alltagsstoffe nach selbst gewählten Kriterien

### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung ordneten die Schüler die unterschiedlichen Stoffe ohne vorgegebene Gruppenanzahl sehr häufig in drei Gruppen, siehe a), teilweise auch in zwei Gruppen, siehe b). Nach Aufforderung, die unterschiedlichen Stoffe in nur zwei Gruppen einzuteilen, wurde in allen Schülergruppen der Vorschlag b) unterbreitet.

Zu a) Lösungsvorschlag der Schüler



1. Gruppe	2. Gruppe	3. Gruppe
Wasser, Öl, Essig, Honig	Styropor, Knete, Schaumstoff, Aluminium	Kandiszucker, Holz, Stein, Korkstück, Hartgummi
Begründung: <b>flüssige Stoffe</b>	Begründung: <b>weiche Stoffe</b>	Begründung: <b>harte Stoffe</b>

Die Zuordnung des Korkstücks und des Hartgummis zur 2. bzw. 3. Gruppe variierte bei den einzelnen Schülern. Des Weiteren, allerdings seltener, wurde auch nach Farbe oder Transparenz geordnet. Die Schüler orientierten sich also nach bestimmten Stoffeigenschaften, die in der vorangegangenen Doppelstunde erarbeitet wurden.

Zu b) Lösungsvorschlag der Schüler



1. Gruppe	2. Gruppe
Wasser, Öl, Essig, Honig	Kandiszucker, Holzstück, Korkstück, Stein, Knete, Schaumstoff, Styropor, Aluminium, Hartgummi
Begründung: <b>flüssige Stoffe</b>	Begründung: <b>nicht flüssige Stoffe</b>

Den Schülern fiel es schwer, für die 2. Gruppe einen Oberbegriff zu finden. Häufig wählten sie: „nicht flüssige Stoffe“ oder auch „harte Stoffe“. Da aber beispielsweise Knete oder Schaumstoff weich sind, wurde sich zunächst auf die Bezeichnung „nicht flüssige Stoffe“ geeinigt. (An dieser Stelle könnte der Begriff fest schon vom Lehrer genannt werden.)

## Zu 2.2. „Wodurch unterscheiden sich flüssige und nicht flüssige (feste) Stoffe?“

In einem Unterrichtsgespräch kann der Lehrer zunächst erkunden, welche Vorstellungen die Schüler zur Unterscheidung von flüssigen und nicht flüssigen Stoffen bereits in den Unterricht mitbringen.

### ► Aus der Praxis:

L: „Warum sind Wasser, Öl, Essig und Honig Flüssigkeiten und die anderen Stoffe nicht?“ oder „Wodurch unterscheiden sich flüssige Stoffe von festen Stoffen?“

S1: „Flüssigkeiten sind so weich.“

L: „Aber Knete und Schaumstoff sind doch auch weich.“

S2: „Flüssigkeiten fließen.“ / „Man kann sie umkippen, umgießen.“ / „Sie machen eine Pfütze, wenn man sie auskippt.“

L: „Und was passiert mit festen Stoffen, wenn man sie auskippt?“ (möglicher L-Impuls: Stein, Korkstück, Schaumstoff, ... werden aus einem Gefäß auf den Tisch gekippt.)

S3: „Feste Stoffe machen keine Pfütze.“ / „Die bleiben so.“

Mithilfe folgender Demonstration können phänomenologische Unterscheidungsmerkmale von flüssigen und festen Stoffen gemeinsam und anschaulich erarbeitet werden.

### Materialien

pro Klasse:

- durchsichtige Glas- oder Plastikgefäße unterschiedlicher Form,
- flüssiger Stoff, z.B. Wasser,
- einige feste (harte und weiche) Stoffe, z.B. Stein, Holz, Knete, Schaumstoff, Styropor.

### Durchführung

Wasser als flüssiger Stoff und verschiedene Feststoffe (harte und weiche) werden nacheinander in unterschiedlich geformte Gefäße umgeschüttet/ umgekippt. Die Schüler sollen während der Versuche gezielt auf die Form der Stoffe achten.

Umschütten von Wasser:



Umkippen eines Steins:



Umkippen von Knete:



Umkippen von Styropor:



### Beobachtung und Auswertung

Während die flüssigen Stoffe sich der jeweiligen Gefäßform anpassen, behalten die festen Stoffe ihre Form bei. Auch die weichen und leicht verformbaren Stoffe, wie Knete, Schaumstoff oder Styropor passen sich nicht von „allein“ – also ohne äußere Krafteinwirkung – der Gefäßform an. Flüssige Stoffe haben keine eigene/ bestimmte Form und passen sich immer der Form des Gefäßes, in welchem sie sich befinden, an. Feste Stoffe haben eine eigene/ bestimmte Form. Auch weiche Stoffe zählen zu den Feststoffen.

### ► **Aus der Praxis:**

Im Zusammenhang mit der Einführung der Aggregatzustände tauchten z.B. folgende Schülerfragen auf: „Kann Wasser nicht auch fest sein, z.B. als Eis?“

„Aber kann Zucker nicht auch flüssig sein? Ich habe das schon mal zu Hause gesehen: Wenn mein Mutter Zucker in Wasser schüttet, dann wird er im Wasser auch flüssig. Also er löst sich ja dann auf.“

Je nach Unterrichtsplanung können die Möglichkeiten der Aggregatzustandsänderungen diskutiert und gezeigt werden. In dieser Unterrichtskonzeption erfolgt eine ausführliche Klärung dieses Phänomens in der UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“. Dass sich einige feste Stoffe, wie z.B. Zucker oder Salz, in Wasser lösen, ist ein weiteres Phänomen, welches in der UE 6 „Wasser als Lösungsmittel (Abwasserreinigung)“ behandelt wird.

### Zu 3. Stoffeigenschaften verschiedener Flüssigkeiten

Dieser Unterrichtsabschnitt erfolgt in Form einer forschend-entwickelnden Vorgehensweise und wird in der nachstehenden Übersicht in Kurzform dargestellt.

#### Problemgewinnung

##### UG:

- L-Impuls: Nutzung verschiedener Flüssigkeiten im Haushalt/ Alltag zu unterschiedlichen Zwecken, z.B. Wasser, Essig, Öl (Speiseöl), Benzin, Spiritus (Alkohol); Zeigen der Flüssigkeiten (Bild 1),
- S berichten, wozu die Flüssigkeiten verwendet werden können,
- L-Impuls: „Eine Verwechslung der Flüssigkeiten kann gefährlich werden, ... wichtig, dass man Flüssigkeiten unterscheiden und erkennen kann.“

##### Problemstellung/ Problemfrage:

- L: „Woran (an welchen Stoffeigenschaften) erkennt man die unterschiedlichen Flüssigkeiten Wasser, Essig, Öl, Benzin und Spiritus (Alkohol)?“



#### Vorbereitung

##### Materialien

pro Klasse:

- Wasser (z.B. im Trinkglas),
- Essig,
- Öl (Speiseöl),
- Benzin (Feuerzeug- oder Reinigungsbenzin),
- Brennspritus,
- durchsichtige Gefäße mit Deckel (z.B. Einweckgläser),
- Reagenzglas oder Ä.,
- feuerfeste Unterlage (z.B. Teller, Metalltablett),
- Verbrennungsgefäße (z.B. Aluminiumgehäuse eines Teelichts).

##### Vorbereitung durch Lehrer

Die Flüssigkeiten werden in durchsichtige, verschließbare Gefäße umgefüllt, so dass man sie mit bloßem Auge nicht unterscheiden kann - bis auf Öl (Bild 2).



#### Durchführen der Untersuchungen bzw. Versuche

- schrittweises Ermitteln und Vergleichen der Stoffeigenschaften: Farbe, Transparenz, Viskosität, Geruch, Nichtmischbarkeit von Öl und Wasser (z.B. LDE: Zusammenkippen von Wasser und Öl im Reagenzglas, Bild 3), Brennbarkeit (z.B. LDE: Anzünden einiger Tropfen Benzin und Brennspritus im Aluminiumgehäuse eines Teelichtes, Bilder 4 und 5).
- S ziehen Schlussfolgerungen, um welchen Stoff es sich handeln könnte (Steuerung durch L).



#### Beobachtung und Schlussfolgerung (Problemlösung)

- Öl: gelb, durchsichtig, dickflüssig („fließt langsam“), nicht mit Wasser mischbar, „leichter“ als Wasser
- Wasser: farblos, durchsichtig, geruchlos, nicht brennbar
- Essig: farblos, durchsichtig, stechender Geruch
- Benzin: farblos, durchsichtig, Benzingeruch („riecht nach Auto/ Tankstelle“), brennbar
- Brennspritus: farblos, durchsichtig, Alkoholgeruch, brennbar

Zu 4.1. Auch pulverförmige Stoffe sind Feststoffe/ Erhaltung der Stoffart bei Umformung und Zerteilung

► **Aus der Praxis:**

Nach der Demonstration durch den Lehrer (Umschütten von Zucker in verschieden geformte Gefäße, Bilder 1 und 2) wurden die Schüler schriftlich befragt: „Ist feiner Zucker fest oder flüssig? Begründet eure Entscheidung!“

Schülermeinungen 35 S (100 %)

Zucker ist fest 20 S (57 %)

Zucker ist flüssig 15 S (43 %)

Im anschließenden Unterrichtsgespräch sollten die Schüler ihre Aussage begründen.

Begründungen der Schüler, die sich für fest entschieden haben

„Weil er zermalmt ist, aber er hat noch kleine Teile, so Zuckersteinchen.“

„Weil es viele kleine Teile sind.“ / „Weil der Zucker winzige Steinchen hat.“

„Weil jedes einzelne Zuckerkörnchen verändert seine Form nicht.“

„Weil Zucker aus ganz kleinen Körnern besteht, ähnlich wie Sand.“





## 5.3. Beschreibung der UE 3 „Luft begreifen“



### 5.3.1. Lerninhalte/ Lernziele

#### 1) Luft ist nicht „Nichts“.

Die Schüler sollen

- Luft bewusst als Stoff wahrnehmen, der existiert und Raum beansprucht,
- erfahren, dass Luft Wasser verdrängen kann,
- Luft anhand von Stoffeigenschaften beschreiben können (farblos, geruchlos, transparent).

#### 2) Luft als gasförmiger Stoff bzw. Körper

Die Schüler sollen

- den gasförmigen Aggregatzustand am Beispiel der Luft kennen lernen,
- die wissenschaftliche Bedeutung des Begriffes Gas kennen,
- erfahren, dass Luft als Gas zunächst eingesperrt werden muss, um sie transportieren zu können (pneumatisches Auffangen),
- zwischen Stoff und Körper (Gegenstand) am Beispiel der Luft unterscheiden können.

#### 3) Komprimierbarkeit als besondere Eigenschaft von Luft

Die Schüler sollen

- wissen, dass Luft als Gas sich komprimieren lässt,
- erfahren, dass komprimierte Luft (Druckluft) Arbeit verrichten kann,
- Beispiele nennen können, wozu der Mensch die Komprimierbarkeit der Luft nutzt.

#### 4) Luft hat eine Masse.

Die Schüler sollen

- wissen, dass Luft eine Masse besitzt (Gewicht hat),
- ein experimentelle Möglichkeit kennen lernen, wie man die Masse von Luft ermitteln kann.

### 5.3.2. Didaktische und Methodische Aspekte

#### Zu 1) Luft ist nicht „Nichts“.

Konkrete Hinweise in Bezug auf ein bewusstes Wahrnehmen von Luft als Stoff, der Raum einnimmt und Stoffeigenschaften besitzt, lassen sich lediglich und nur teilweise in vier Rahmenplänen wiederfinden. Bremen fordert im Lernfeld Natur (Jgst. 1/2) „Einfache Untersuchungen zu den Eigenschaften von Luft (*nimmt einen Raum ein*) oder Wasser ... oder Boden ... planen und durchführen“ [BR 2007, S. 28].

Sachsen formuliert Folgendes: „Luft *als gasförmiger Stoff* - Platzbedarf der Luft bei Luftballon, -pumpe, ...“ (Jgst. 1/2) [S 2004, S. 9].

Im Lehrplan Schleswig-Holsteins ist im Lernfeld Natur und Umwelt (Jgst. 1/2) nachzulesen: „Die Luft ist *mehr als nichts* erkennen; ... *Luft hat Farbe und Gewicht*“ [SH 1997, S. 111].

Der Bildungsplan Baden-Württembergs fordert unter der Überschrift „Verbindliche Experimente für die Klassen 3 und 4“: „zwei Experimente zur Erkundung von Eigenschaften der Luft (*Luft nimmt einen Raum ein*, ...)“ [BW 2004, S. 110].

Andere Lehrpläne, z.B. Bayern, Hamburg, Hessen oder Niedersachsen zählen unter dem Aspekt „Eigenschaften von Luft“ oder „experimentelle Erfahrungen mit Luft“ zu behandelnde Phänomene auf wie Druck, Ausdehnung, Bewegung, Tragfähigkeit, Bremswirkung oder Antriebswirkung der Luft.

Untersuchungen zu Schülervorstellungen geben Anlass zu der Annahme, dass ein Vertrautmachen der Schüler mit Luft aus stofflicher Sicht notwendig ist. Denn obwohl die Luft stets und überall um uns herum existiert und ein wichtiger Teil unserer täglichen Erfahrungswelt ist, „werden ihre Eigenschaften von Schülern als selbstverständlich hingenommen und selten gewürdigt oder bewusst überdacht, bevor sie in der Schule thematisiert werden“ [SÉRÉ 1985, S. 199].

Auch wenn die Kinder bereits Einiges über Luft wissen, z.B. dass sie Wind „macht“, dass wir Luft ein- und ausatmen oder dass der Luftdruck beim Wetter eine Rolle spielt, stimmen ihre Vorstellungen zu Luft nicht mit dem wissenschaftlichen Konzept überein. Denn im Gegensatz zum Konzept der „statischen Luft“ existiert für jüngere Kinder Luft nur dann, wenn sie in Bewegung ist, z.B. als Wind oder solange man pustet [PIAGET 1988; WAGENSCHN 1973 aus STRUNK 1998, S. 100]. Die Vorstellung, dass Luft eine dauerhafte Substanz ist, die auch unabhängig von Bewegung existiert (Konzept der „statischen Luft“), bildet sich erst im Alter von 7 – 10 Jahren aus [BROOK & DRIVER 1994 aus STRUNK 1998, S. 99]. Nach Meinung von BAR & GALILI entwickelt sich dieses Konzept von statischer Luft sogar erst im 4. und 5. Schuljahr [STRUNK 1998, S. 100].

Auch SÉRÉ fand in ihren Studien heraus, dass jüngere Kinder Luft zwar kennen und den Begriff in ihren Erklärungen verwenden, allerdings in einer anderen Bedeutung: „Luft zirkuliert, geht dort ein und aus, wo andere Materie nicht hingelangen kann; sie lässt Dinge geschehen, ohne dass sie selbst wahrgenommen wird“ [SÉRÉ, S. 200]. Ihre Untersuchungen zeigen, dass Kinder im Alter von etwa 11 Jahren sehr gut wissen, *wo* sich Luft befindet. Eine einfache Frage: „Befindet sich Luft in diesem offenen Behälter?“ konnten 83 % der befragten 11- bis 12-Jährigen richtig beantworten. Auf komplexere Fragestellungen gaben weniger Kinder eine korrekte Antwort. So befindet sich nach Ansicht der meisten Kinder in einem platten Reifen gar keine Luft mehr – schlussfolgernd aus der Tatsache, dass sie gehört haben, wie Luft aus dem Reifen entwichen ist. SÉRÉ betont, dass die Kinder in ihren Untersuchungen bei Fragen zu unbewegter Luft in ihren Antworten stets mit bewegter Luft argumentierten, z.B.:

„Es ist Luft in dieser offenen Flasche, weil Luft *hinein kommen kann*.

Es ist keine Luft in dieser offenen Flasche, weil die Luft immer *heraus gehen kann*“ [SÉRÉ, S. 200].

Die Studien von CAREY ergaben, dass praktisch alle Schulanfänger und immerhin noch ca. 40 % der 12-Jährigen Luft nicht als raumbeanspruchende Substanz ansehen. In der Untersuchung wurde 4- bis 12-jährigen Kindern eine Kiste gezeigt sowie ein Holz- und Metallstück, deren Form und Größe dem Innenraum dieser Kiste entsprach. Die Kinder wurden gefragt, ob Holz und Metall gleichzeitig in die Kiste passen könnten sowie Metall und Wasser. Beide Fragen wurden bereits von den 4-Jährigen korrekt verneint. Demgegenüber vertraten noch fast 40 % der 12-Jährigen die Auffassung, dass Metall und Luft gleichzeitig in der Kiste Platz finden könnten [CAREY 1991 aus STRUNK 1998, S. 100].

Auf welche Weise die Kinder ein statisches Luftkonzept entwickeln, ist bisher noch nicht geklärt. Allerdings kann ein Unterricht, in dem die Kinder Erfahrungen zum Raumbedarf von Luft sammeln können, durchaus erfolgreich sein [STRUNK 1998, S. 101].

Zu Anfang dieser Unterrichtseinheit sollen die Schüler erfahren, dass Luft ein Stoff ist, der dauerhaft existiert, Platz beansprucht und durch Eigenschaften, wie farblos, geruchlos und transparent, beschrieben werden kann. Damit die Schüler diese Einsicht verinnerlichen, werden dazu mehrere Experimente mit unterschiedlichen Problemstellungen durchgeführt.

Der in der UE 2 „Körper und Stoffe“ eingeführte Stoffbegriff wird somit an einem weiteren Beispiel angewandt und vertieft. Mit der Beschreibung von Luft als Stoff mit Stoffeigenschaften soll auch möglichen Fehlvorstellungen bei Schülern frühzeitig entgegengewirkt werden. Auf die Frage nach „Nicht-Stoffen“ nannten Schüler der 7. Klasse u.a. fälschlicherweise Gase und Luft [LEERHOFF et al. 2003 Teil 2, S. 365].

Darüber hinaus sollen die Schüler angeregt werden, Begriffe und Formulierungen aus der Alltagssprache kritisch zu hinterfragen: Ist es fachlich korrekt, den Begriff Luft gleichbedeutend mit „Nichts“ oder „leer“ zu verwenden?

Der folgend beschriebene Versuch wurde als Einstiegsexperiment gewählt: Ein Glas, in dem vorher ein Papiertuch hineingestopft wurde, wird mit der Öffnung nach unten ganz unter Wasser getaucht. Anschließend wird das Glas wieder aus dem Wasser herausgeholt. Wird das Papiertuch in dem Glas nass oder bleibt es trocken? Dazu wurden die Schüler (8 bis 9 Jahre alt) in der Unterrichtserprobung vorab schriftlich befragt. Mit 81 % vertrat der Großteil der Schüler (26 von 32 Schülern) die richtige Auffassung, das Papiertuch bliebe trocken. Das entspricht den Untersuchungsergebnissen von BAR & GALILI. Sie fanden heraus, dass die Mehrheit der 8-Jährigen annimmt, dass in ein umgestülptes, luftgefülltes Glas kein Wasser eindringen kann [STRUNK 1998, S. 100].

In der Unterrichtserprobung sollten die Schüler ihre Entscheidung begründen. Von den 26 Schülern konnten 17 Schüler ihre richtige Voraussage gar nicht erklären. Die 9 anderen Schüler begründeten die Entscheidung, dass das Papiertuch im Glas trocken bleiben würde, teilweise unterschiedlich:

- 5 Schüler waren der Meinung, das Glas schützt das Tuch vor dem ‚Nasswerden‘.
  - „Weil das Glas das Wasser wegdrückt.“
  - „Weil das Papiertuch von dem Glas umhüllt ist.“
  - „Weil es in dem Glas ist. Deswegen bleibt es trocken.“
  - „Weil das Glas da ist.“
  - „Weil es vom Glas geschützt wird.“
- 1 Schüler begründete seine Entscheidung richtig, aber ungenau: „Weil kein Wasser nach oben kommt.“
- 3 Schüler argumentierten richtig mit der im Glas vorhandenen Luft.
  - „Weil die Luft nicht ausdringen kann.“
  - „Weil im Glas die Luft nicht raus kann.“
  - „Weil die Luft den Ausgang versperrt.“

Dieses Beispiel soll ein weiteres Ziel der Unterrichtseinheit verdeutlichen: Die Vermittlung wissenschaftlicher Erklärungen und Kenntnisse, welche die Schüler befähigen, ihre bereits richtigen Vorstellungen fachlich zu untermauern und zu begründen.

In einem Nachtest, der ca. ein halbes Jahr nach der unterrichteten Einheit stattfand, konnten alle Schüler (35 Schüler = 100 %) den Ausgang des Versuches richtig vorhersagen und ihre Aussage begründen.

- 24 Schüler bezogen sich auf die im Glas befindliche Luft, z.B.:  
„Weil das Glas mit Luft gefüllt ist und deshalb bleibt das Tuch trocken.“  
„Weil die Luft in dem Glas das Wasser nicht rein lässt. Denn auch Luft braucht Platz.“  
„Die Luft, die im Glas auch drin ist, die verdrängt das Wasser. Darum bleibt das Papiertuch trocken.“  
„Weil kein Wasser in das Glas kommt, da die Luft im Glas das Wasser wegdrückt, weil Luft Platz braucht.“
- 7 Schüler bezogen sich lediglich auf das Wasser, dass nicht ins Glas eindringen kann bzw. auf den Umstand, dass das Glas senkrecht in das Wasser getaucht werden muss, z.B.:  
„Weil das Wasser verdrängt wird, wenn das Glas gerade runtergedrückt wird.“  
„Weil das Wasser nicht in das Glas kommt.“  
„Weil das Glas gerade ins Wasser rein kommt.“  
„Wenn man das Glas gerade hineinstellt, bleibt es trocken.“
- 1 Schüler vertrat nach wie vor die Auffassung, das Papier bliebe trocken, „weil das Glas das Papier schützt“.
- 3 Schüler begründeten ihre Entscheidung folgendermaßen:  
„Weil das Papiertuch ganz unten liegt im Glas.“  
„Weil es sich mit Luft vollsaugt.“  
„Weil noch Luft sich zusammendrückt und deswegen bleibt das trocken.“

Die bewusste Auseinandersetzung mit Luft als Stoff soll eine Grundlage bilden für die sich anschließende UE 4 „Kohlendioxid“ sowie für den nachfolgenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Denn erst wenn die Schüler ein Verständnis von Luft als dauerhafte Substanz haben, können sie auch andere gasförmige Stoffe richtig verstehen.

## **Zu 2) Luft als gasförmiger Stoff bzw. Körper**

Dieser Lerninhalt findet sich - zumindest ähnlich - im sächsischen und niedersächsischen Lehrplan für den Sachunterricht in der Grundschule wieder. Niedersachsen beschreibt unter den zu erwarteten Kompetenzen am Ende des 4. Schuljahres: „grundlegende Eigenschaften von Luft experimentell erfahren und erkennen (Luft *als gasförmiger Körper*, ...)“ [N 2006, S. 25]. Im sächsischen Lehrplan ist unter dem Lernbereich „Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur“ (Jgst. 1/2) nachzulesen: „Luft *als gasförmiger Stoff*, ..., Sinneserfahrungen mit festen Stoffen zum Vergleich“ [S 2004, S. 9].

Die Formulierungen beider Rahmenpläne lassen allerdings offen, ob auch eine Einführung des gasförmigen Aggregatzustandes einschließlich der Begrifflichkeiten vorgesehen ist. Möglicherweise beschränkt sich das Erfahren von „Luft *als gasförmiger Körper/ Stoff*“ auf die Wahrnehmung von Luft als etwas Anderes - anders als Flüssigkeiten oder Feststoffe.

Schleswig-Holstein wiederum fordert allgemein in Bezug auf Stoffe (Jgst. 1/2): „Erfahren, dass Stoffe in verschiedenen Zustandsformen vorliegen können – Eigenschaften von Stoffen (fest, flüssig, *gasförmig*)“ [SH 1997, S. 111].

Untersuchungen geben Aufschluss darüber, dass die Alltagsvorstellungen der Schüler zum Begriff Gas nicht mit der wissenschaftlichen Bedeutung dieses Wortes übereinstimmen.

Im Vergleich zu Luft ist der Begriff Gas weniger Kindern bekannt und wird von diesen auch seltener benutzt. Der Gebrauch des Wortes Gas erfolgt hauptsächlich im Zusammenhang mit Gasherd, Gasheizung oder Feuerzeuggas [SÉRÉ 1985, S. 199]. Auch solche negativ behafteten Begriffe wie „Abgas“ oder „Giftgas“ sind den Kindern geläufig.

In der Naturwissenschaft ist Gas der Überbegriff für Stoffe, wie beispielsweise Luft, Sauerstoff, Stickstoff oder Kohlendioxid - Stoffe, die im Gegensatz zu Feststoffen und Flüssigkeiten ein veränderliches Volumen haben und keine begrenzende Oberfläche ausbilden. Im englischen Sprachraum hat man nachgewiesen, dass für Kinder dagegen Luft und Gas konträre Begriffe darstellen: Während der Luft (frischen Luft) Eigenschaften wie gut und gesund zugeschrieben werden, ist Gas in der Alltagsvorstellung der Kinder gleichbedeutend mit schlecht. Auch in der Unterrichtserprobung beschrieben die Schüler Gas mit negativen Eigenschaften, wie giftig oder gefährlich. Darüber hinaus verstehen die Kinder Gas nicht als übergeordneten Begriff, der verschiedene gasförmige Stoffe zusammenfasst. Aus Sicht der Kinder ist nicht nur Luft der Prototyp für Gase, sondern jedes Gas ist eine Art von Luft [DRIVER et al. 1994a aus STRUNK 1998, S. 102 f.].

In dieser Unterrichtskonzeption erfolgt die Einführung des gasförmigen Aggregatzustandes nachdem die Schüler in mehreren Experimenten die Luft bewusst als Stoff mit Stoffeigenschaften erfahren haben. Daran anknüpfend wird versucht, den Schülern auf phänomenologischer Ebene den Unterschied von Luft zu festen sowie flüssigen Stoffen zu veranschaulichen. Anlehnend an die in der UE 2 „Körper und Stoffe“ eingeführten Merkmale des festen und flüssigen Aggregatzustandes wird zunächst das ‚Formverhalten‘ von Luft untersucht. Dazu werden unterschiedlich geformte Behältnisse (z.B. Luftballons, Schwimmhilfen) mit Luft gefüllt. Aus der Beobachtung kann geschlussfolgert werden, dass Luft im Gegensatz zu Feststoffen keine eigene Form besitzt. Um den Schülern den Unterschied von Luft und Flüssigkeiten zu verdeutlichen, wird ein durchsichtiger Gummihandschuh mit Luft, ein zweiter mit Wasser gefüllt. Die jeweilige Menge von Wasser und Luft wird mehrmals variiert. Im Vergleich der gefüllten Gummihandschuhe können die Schüler den wesentlichen Unterschied sehen: Während Wasser eine begrenzende Oberfläche ausbildet (erkennbar am Wasserstand/ Wasserspiegel), verteilt sich die Luft stets gleichmäßig in dem zur Verfügung stehendem Raum (hier im Gummihandschuh). Im Zuge der anschließenden Einführung der Begriffe gasförmig und Gas erfolgt auch eine klare Abgrenzung zur Alltagsbedeutung des Wortes Gas.

Um ein tiefer gehendes Verständnis für die Besonderheit gasförmiger Stoffe zu erreichen, wird den Schülern in einem Experiment gezeigt, dass Luft als Gas zunächst eingeschlossen werden muss, um sie transportieren zu können. In diesem Versuch lernen die Schüler, wie Luft unter Wasser aus einem Glas in ein Glas mit Wasser umgefüllt werden kann.

SÉRÉ beschreibt, dass mehr als die Hälfte der 11- bis 12-jährigen Kinder aus ihrer Untersuchung vor der Unterrichtseinheit dachte, dass es unmöglich sei, Luft einzufangen und zu transportieren. Während des Experimentierens erkannten jedoch einige Schüler sehr schnell, „dass man Luft einschließen muss, um sie isolieren, einfangen und transportieren zu können“ [SÉRÉ 1985, S. 202]. Ihrer Ansicht nach ist diese Einsicht für die Schüler ein grundlegender Entwicklungsschritt. Erst dann sind sie fähig, „über gewisse Mengen von Luft nachzudenken, sie zu messen und ihre Eigenschaften zu untersuchen“ [SÉRÉ 1985, S. 202].

Wie bereits in der vorangegangenen Unterrichtseinheit erläutert, soll mit dieser Unterrichtskonzeption auch ein Verständnis für die Begriffe Körper und Stoff entwickelt werden. Anknüpfend an die UE 2 „Körper und Stoffe“, in der die entsprechenden Begriffe anhand von Alltagsgegenständen und –materialien eingeführt worden sind, erfolgt nun eine Anwendung am Beispiel Luft. Nachdem die Schüler Luft bewusst als Stoff wahrgenommen und beschrieben haben, wird den Schülern anhand konkreter Beispiele (Luftballon, luftgefüllte Gläser oder Flaschen) veranschaulicht, dass Luft auch als Körper existiert.



### **Zu 3) Komprimierbarkeit als besondere Eigenschaft von Luft**

Lediglich der Rahmenplan Baden-Württemberg formuliert zu diesem Lerninhalt unter der Überschrift „Verbindliche Experimente für die Klassen 3 und 4“: „zwei Experimente zur Erkundung von Eigenschaften der Luft (... , *zusammengepresste* Luft, ...)“ [BW 2004, S. 110].

Einige andere Lehrpläne nehmen jedoch Bezug – meist im Bereich Technik - auf eine wichtige Anwendung dieser besonderen Eigenschaft von Luft: Aufbau, Funktion und Nutzen mechanischer Gegenstände, z.B. *Luftpumpe* (Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Hessen, Niedersachsen).

Die Komprimierbarkeit als eine besondere Eigenschaft gasförmiger Stoffe wie beispielsweise Luft ist für viele Grundschüler eine neue Erfahrung. In einer Untersuchung mit Schulanfängern stellte sich heraus, dass ungefähr die Hälfte der befragten Kinder auch Wasser als Flüssigkeit und Knete als Feststoff für verdichtbar hielten [SPÄGELE 2008, S. 193].

In dieser Unterrichtseinheit soll mit der Komprimierbarkeit von Luft für die Schüler ein weiterer Unterschied von Gasen im Vergleich zu Feststoffen und Flüssigkeiten herausgestellt werden. Ausgangspunkt für die Vermittlung dieses Lerninhalts ist das Anfertigen eines „Flaschenteufelchens“ (Glasröhrchen in einer Plastikflasche mit Wasser), dessen Funktionsweise anschließend erkundet werden soll. Zunächst gilt es zu erkennen, dass das „Flaschenteufelchen“ bei Druck auf die Flaschenwand sinkt, weil Wasser in das Glasröhrchen gelangt und es dadurch „schwerer“ wird (eine größere Dichte hat). Daran anknüpfend erfolgt – sofern die Frage nicht durch die Schüler aufgeworfen wird – eine Problematisierung durch den Lehrer: Was geschieht mit der Luft im Glasröhrchen, wenn Wasser hineingelangt? In allen Gruppen der Unterrichtserprobung wurde u.a. die Vermutung geäußert, dass die Luft zusammengedrückt wird. Zur Überprüfung der Vermutung werden Schülerexperimente durchgeführt: Mithilfe einer Plastikspritze sollen die Schüler versuchen, Luft und anschließend Wasser zu komprimieren.

Dass die komprimierte Luft (Druckluft) sich anschließend wieder ausdehnt und dabei Arbeit verrichten kann (etwas „drücken kann“), erklärt den Schülern, warum das ‚Flaschenteufelchen‘ erneut nach oben steigt, wenn der Druck von der Flaschenwand genommen wird: Die Luft nimmt den ursprünglichen Raum im Glasröhrchen ein und drückt dabei das Wasser hinaus. Das Glasröhrchen wird „leichter“ (hat eine geringe Dichte) und steigt auf.

Zur modellhaften Veranschaulichung wäre der Einsatz einer Metallfeder (z.B. Kugelschreiberfeder) denkbar, die sich bei äußerer Kraftanwendung zusammendrücken lässt und anschließend wieder die ursprüngliche Form einnimmt.

Als Anwendungsbeispiel für die Nutzung von Druckluft erfahren die Schüler u.a. wie ein U-Boot auf- und abtauchen kann.

### **Zu 4) Luft hat eine Masse.**

Ein diesbezüglicher Vermerk findet sich nur im Lehrplan Schleswig-Holsteins (Jgst. 1/2): „Die Luft ist ‚mehr als nichts‘ erkennen; ... Luft hat Farbe und *Gewicht*“ [SH 1997, S. 111].

Nach SÉRÉ Untersuchungen zu Schülervorstellungen ist es für Kinder nicht offensichtlich, dass Luft bzw. Gas eine Masse hat. Einige glauben sogar, „dass ein aufgeblasener Fußball oder ein schwebendes Objekt ‚umso leichter wird, je mehr Luft darin ist““ [SÉRÉ 1985, S. 202]. Allerdings wird ihrer Auffassung nach das Konzept „Luft hat eine gewisse Masse“ von Kindern schnell übernommen: Mit 13-jährigen französischen Kindern wurde dieses Konzept im Unterricht behandelt. Mehrere Monate danach konnten sich fast alle Schüler daran erinnern und es erneut anwenden [SÉRÉ 1985, S. 203].

Wenn Kinder verstehen sollen, dass Luft Materie ist (statisches Luftkonzept), genügt es nicht zu erkennen, wo sich Luft befindet. Laut SÉRÉ ist auch die Übernahme des Konzepts der Erhaltung grundlegend, um andere Eigenschaften von gasförmigen Stoffen verstehen zu können. Demzufolge ist es wichtig, dass Schüler erkennen, dass Menge und Masse von Luft während

einfacher Zustandsänderungen unverändert bleiben. In ihrer Untersuchung wurde den Kindern eine Spritze mit verschlossener Öffnung gezeigt und die Luft in der Spritze zusammengedrückt. Auf die Frage, ob die Menge der Luft mehr oder weniger geworden ist, vertrat nur ca. die Hälfte der Schüler die Meinung, die Menge Luft bleibe gleich. Die eigene Sinneserfahrung schien für die Kinder hilfreich zu sein. Denn es gaben mehr Kinder die richtige Antwort, „wenn sie selbst die Spritze in der Hand halten und das Gefühl in ihrer Hand spüren konnten oder wenn sie den Versuch mit farbigem Gas beobachten konnten“ [SÉRÉ 1985, S. 203].

Die richtige Voraussage wurde von den Schülern meist mit folgenden zwei Argumenten begründet: „Nichts geht rein und nichts geht raus“ oder „Wenn der heruntergedrückte Kolben losgelassen wird, bewegt er sich in seine ursprüngliche Lage zurück“ [SÉRÉ 1985, S. 203]. Die zuletzt beschriebene Erfahrung können die Schüler in dieser Unterrichtseinheit beim Erkunden des „Flaschenteufelchens“ erleben.

SÉRÉ schlussfolgert, dass Reifung allein nicht ausreicht, um bei Schülern die Vorstellung von der Erhaltung der Menge/ Masse bei Veränderung des Volumens zu entwickeln. Wichtig ist die Förderung dieses Verständnisses durch einen geeigneten Unterricht. Für 11- bzw. 12-Jährige sei diese Vorstellung der Erhaltung leicht verständlich, wenn deren Aufmerksamkeit gezielt auf diesen Unterrichtsgegenstand gelenkt wird.

Laut DRIVERS Ergebnissen verstehen Schüler mit ca. 9 Jahren Luft als eine dauerhafte Substanz, die unabhängig von Bewegung existiert und ein Volumen einnimmt. Die Einsicht, dass Luft auch eine Masse besitzt, wird erst Jahre später erlangt. Bei anderen gasförmigen Stoffen kann die Vorstellung einer Masse noch später erkannt werden. [DRIVER et al. 1994a aus STRUNK 1998, S.103]. Mit der Schwierigkeit, selbst vieler älterer Schüler, ein Verständnis für die Masse von Gasen zu verinnerlichen, hängen u.a. auch die Probleme der Schüler beim Deuten von chemischen Reaktionen zusammen. Denn bei vielen Stoffumwandlungen sind Gase Edukte und/ oder Produkte.

In dieser Unterrichtseinheit soll in einem gemeinsamen Lehrer-Schüler-Experiment gezeigt werden, dass Luft als Stoff eine Masse besitzt. Vorbereitend erhalten die Schüler eine Ordnungsaufgabe, die sie in Gruppen selbstständig lösen sollen: „Ordnet folgende Dinge nach ihrer Masse: Eisennagel, Stück Knete, Stück Schaumstoff, Weinkorken, 50 ml Wasser!“ Ein Anliegen dieser Aufgabe ist es, die Wissensgrundlage - dass Feststoffe und Flüssigkeiten eine Masse besitzen – bereitzustellen und darauf aufzubauen. In der Unterrichtserprobung tauchte die Frage auf, ob das Stück Schaumstoff überhaupt etwas wiege. Nachdem die Schülergruppen durch Erfühlen der einzelnen Massen zu teilweise unterschiedlichen Ergebnissen gelangt sind, wurden diese mittels Digitalwaage überprüft. Dabei sahen die Schüler, dass das Stück Schaumstoff ebenfalls eine Masse besitzt.

Ein weiteres Anliegen dieser Ordnungsaufgabe ist die Initiierung folgenden Problems: Stellt man den Messbecher Wasser auf die Waage, so wiegt man den Plastikbehälter mit. Das Ergebnis wird verfälscht. In der Erprobung stießen alle Schülergruppen auf dieses Problem und fanden selbstständig zu einer Lösung: Der Messbecher wurde mit und ohne Wasser gewogen. Anschließend errechneten die Schüler die Differenz der Messwerte.

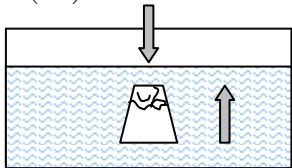
Darauf aufbauend wird die Frage gestellt, ob auch Luft etwas wiegt und wie man die Vermutung experimentell überprüfen könnte. Die gemeinsame Planung eines Versuchs kann durch Impulsgebung des Lehrers gelenkt werden. Die erwartete und in der Erprobung tatsächlich geäußerte Idee der Schüler, ähnlich wie beim Wasser, ein Gefäß (z.B. Plastiktüte) mit und ohne Luft zu wiegen, wurde aufgegriffen und weiterentwickelt. Mittels 100 ml - Spritze und Digitalwaage (Anzeige mit 2 Stellen nach dem Komma) kann die Masse von Luft ermittelt und mit dem Tabellenwert aus Büchern verglichen werden.

Mit diesem Lerninhalt findet die UE 3 „Luft begreifen“ ihren Abschluss. In den nachfolgenden Unterrichtseinheiten wird das Thema Luft als Stoff mit Stoffeigenschaften erneut aufgegriffen, angewandt und erweitert.

### 5.3.3. Möglicher Unterrichtsverlauf

Die Beschreibung eines möglichen Unterrichtsverlaufs strukturiert sich in Form von Doppelstunden. Wesentliche Unterrichtsabschnitte werden zunächst in einer Tabelle dargestellt. Dabei werden folgende Abkürzungen benutzt: AM: Anschauungsmittel, EA: Einzelarbeit, GA: Gruppenarbeit, HA: Hausaufgabe, L: Lehrer, LD: Lehrerdemonstration, LDE: Lehrerdemonstrationsexperiment, LV: Lehrervortrag, PA: Partnerarbeit, S: Schüler, SB: Schülerarbeitsblatt, SDE: Schülerdemonstrationsexperiment, SE: Schülerexperiment, ST: Schülertätigkeit, UE: Unterrichtseinheit, UG: Unterrichtsgespräch.

Im Anschluss an jede Tabelle werden einzelne Unterrichtsabschnitte (mit \* markiert) detaillierter beschrieben, insbesondere die Durchführung von Experimenten und Erfahrungen aus der Unterrichtserprobung (gekennzeichnet durch: ► **Aus der Praxis:**).

1. Doppelstunde		
<b>Lerninhalte/Lernziele:</b> <b>1) Luft ist nicht „Nichts“.</b> Die Schüler sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luft bewusst als Stoff wahrnehmen, der existiert und Raum beansprucht,</li> <li>• erfahren, dass Luft Wasser verdrängen kann,</li> <li>• Luft anhand von Stoffeigenschaften beschreiben können (farblos, geruchlos, transparent).</li> </ul> <b>Hinweis:</b> Die gesamte Doppelstunde erfolgt in Form einer forschend-entwickelnden Vorgehensweise.		
Unterrichtsabschnitte	Didaktische und Methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Problemgewinnung</b> 1.1. Wiederholung: Erkennen von Körpern/ Gegenständen an der Form und Erkennen von Stoffen an Stoffeigenschaften (siehe UE 2)  1.2. Ableiten allgemeiner Problemfragen (Antwortsuche als Zielstellung der nächsten Unterrichtsstunden)  1.3. Durchführen eines „Überraschungsexperimentes“ *  <u>Problemfrage:</u> „Obwohl das Glas mit dem Papiertuch ganz unter Wasser getaucht wurde, blieb das Papiertuch trocken! Warum?“	<u>„Grabbelspiel“:</u> - L reicht die „Grabbelbox“ herum, - einzelne S sollen durch Fühlen jeweils einen Gegenstand aus der Box erkennen und benennen sowie den Stoff, aus dem der Gegenstand besteht.  <u>Initiiere ein UG durch den L:</u> - L reicht den Karton zum „Grabbeln“ weiter, obwohl dieser keinen Gegenstand mehr enthält, - erwartete S-Reaktion: „Der Karton ist leer.“ / „Da ist nichts mehr drin.“, - L: „Ist der Karton tatsächlich leer?“, - S äußern ihre Meinung.  <u>Problematizieren durch den L:</u> „Bedeutet leer gleich Nichts?“ / „Ist Luft Nichts?“  - S tauchen ein Papiertuch im Glas (mit der Öffnung nach unten) ganz unter Wasser und entdecken, dass das Papiertuch dabei trocken bleibt.  - Ableiten einer konkreten Problemfrage	„Grabbelbox“: - nicht einsehbarer, geschlossener Karton (z.B. Schuhkarton) mit Loch im Deckel zum Reingreifen, - bestückt mit verschiedenen Alltagsgegenständen (Brille, Tasse, Schlüssel, Kerze, ...).  SE (PA) 



### Zu 1.3. Durchführen eines „Überraschungsexperimentes“

#### Materialien

pro Gruppe:

- große durchsichtige Schüssel, z.B. Salatschüssel,
- Glas (Trink- oder Senfglas, einfach und ohne Verzierung),
- Papiertuch, z.B. Küchenrolle,
- Handtuch (zum Abtrocknen).

#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Die Materialien können auf den Schülertischen stehen bleiben, da sie für die nachfolgenden Experimente gebraucht werden (siehe 3. und 5.1.).

#### Durchführung

Eine größere Schüssel wird so hoch mit Wasser gefüllt, dass das Glas (fast) vollständig untertauchen kann. In das trockene Glas wird ein Papiertuch so auf den Boden gestopft, dass es nicht herausfallen kann, wenn man das Glas auf den Kopf stellt (Bild 1). (Die Schüler können vorab Vermutungen äußern, ob das Papiertuch unter Wasser trocken bleibt oder nass wird.)

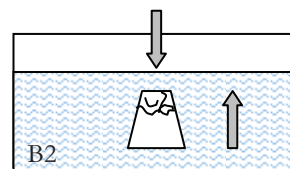
Dann wird dieses Glas mit der Öffnung nach unten, senkrecht unter Wasser getaucht - bis auf den Boden der Schüssel. Anschließend wird das Glas wieder senkrecht nach oben herausgenommen (Bild 2). Die Schüler sollen nun das Papiertuch betrachten und mit der trockenen Hand befühlen.

#### Beobachtung

Das Papiertuch sieht trocken aus und fühlt sich trocken an.



B1



B2

#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Manche Bücher beschreiben diesen Versuch ohne Papiertuch. Dann gilt es, die trocken gebliebene Innenwand des Glases zu erfühlen. In der Unterrichtserprobung beschrieben einige Schüler die Innenwand als nass. Möglicherweise hatten sie feuchte Hände. Mittels Papiertuch können alle Schüler mit Sicherheit beobachten, dass es trotz Untertauchens trocken geblieben ist.

## Zu 2. Aufstellen von Vermutungen

#### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung sollten die Schüler nach einer Erklärung suchen, warum das Papiertuch trocken geblieben ist, obwohl es mit dem Glas ganz unter Wasser getaucht wurde. In der Auswertung kristallisierten sich drei unterschiedliche Schülerantworten heraus.

- a) keine vermutete Erklärung
- b) „Das Glas hat das Wasser weggedrückt.“  
„Es blieb trocken, weil es vom Glas geschützt wurde.“  
„Das Papiertuch blieb trocken, weil es vom Glas umhüllt war.“
- c) „Weil die Luft im Glas nicht rausdringen kann.“  
„Weil die Luft den Ausgang versperrt.“  
„Die Luft im Glas hat das Wasser runtergedrückt. Darum kommt kein Wasser nach oben.“

Die Vermutung b) wurde im Unterrichtsgespräch diskutiert. Dabei wurden die Schüler mit der Tatsache konfrontiert, dass das Glas unten offen ist. Demzufolge kann das Papiertuch an dieser Stelle nicht vom Glas geschützt werden.



### Zu 3. Durchführen eines Experimentes

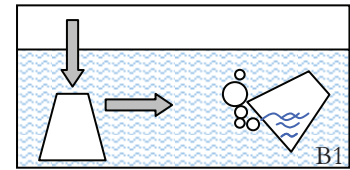
#### Materialien

siehe 1.3. Durchführung eines 'Überraschungsexperimentes'

#### Durchführung

siehe SB S. 26 „Leeres Glas?“, Aufgabe 2

Das Glas wird diesmal ohne Papiertuch mit der Öffnung nach unten und senkrecht unter Wasser gedrückt. Unter Wasser wird das Glas vorsichtig zur Seite gekippt. Wichtig: Das Glas muss immer festgehalten werden.



#### Beobachtung

Bringt man das Glas in Schräglage, so entweichen aus dem Glas geräuschvoll Luftblasen. Gleichzeitig dringt Wasser in das Glas (Bild 1).

### Zu 4. Überprüfen der aufgestellten Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse

#### ► Aus der Praxis:

Nach der Durchführung des Experimentes wurden die Schüler aufgefordert, ihre Beobachtungen zu beschreiben. Im Unterrichtsgespräch erfolgte durch Steuerung des Lehrers die Deutung der Beobachtungsergebnisse.

S1: „Da sind Blubberblasen rausgekommen.“

S2: „Man hat das auch gehört. Das hat geblubbert.“

L: „Was befindet sich in den Blasen?“

S3: „Luft.“

Es wird sich auf den Begriff „Luftblasen“ geeinigt. Der Versuch kann noch mal wiederholt werden, wobei der Lehrer eine gezielte Beobachtungsaufgabe stellt:

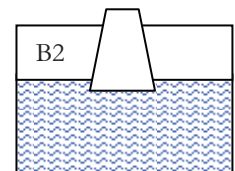
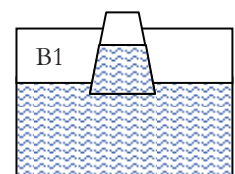
L: „Beobachtet genau, wo die Luftblasen rauskommen!“

S4: „Aus dem Glas.“

L: „Das Glas ist also gar nicht leer, sondern mit Luft gefüllt. Unter Wasser kann man die entweichende Luft als Luftblasen sehen.“

#### Ergänzung

Lässt man einige Luftblasen aus dem Glas entweichen (durch Schräglage), kann das Glas anschließend wieder senkrecht nach oben gezogen werden, so dass man hineinschauen kann. Die Öffnung des Glases muss aber unter Wasser bleiben. Man sieht, dass nun eine entsprechende Menge Wasser ins Glas gelangt ist (Bild 1). Also erst, wenn durch Entweichen von Luft im Glas Platz freigeworden ist, kann Wasser eindringen. Um den Schülern den Platzbedarf von Luft zu veranschaulichen, kann im Vergleich dazu das Glas erneut unter Wasser gedrückt und wieder nach oben geholt werden. Diesmal wird das Glas allerdings nicht in Schräglage gebracht, sondern senkrecht nach unten und oben bewegt. Schaut man nach dem ‚Tauchversuch‘ in das Glas (Öffnung des Glases unter Wasser) so sieht man, dass kein Wasser in das Glas eingedrungen ist (Bild 2). Denn die Luft im Glas beansprucht Platz und lässt kein Wasser hinein.



Daran anknüpfend kann nun erklärt werden, warum das Papiertuch im Glas trocken geblieben ist, obwohl es ganz unter Wasser getaucht wurde.

## Zu 5.1. „Gummibärchen-Taucher“

Wie die gesamte Doppelstunde ist diese Anwendungsaufgabe für sich auch in Anlehnung an das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren strukturiert. Die nachstehende Übersicht stellt die einzelnen Phasen dar.

### Problemgewinnung

Als Einstieg und zur Motivation kann der Lehrer den Schülern folgende Geschichte erzählen:  
„Ein Gummibärchen möchte unbedingt unter Wasser tauchen, um den Schatz zu bergen, der auf dem Grund eines Sees liegt. Das Gummibärchen möchte aber auf keinen Fall nass werden! Denn dann wird es ganz klebrig und glitschig. Wie könnte man ihm helfen?“

#### Problemfrage:

„Wie kann das Gummibärchen unter Wasser tauchen ohne nass zu werden?“

(siehe SB S. 27 „Gummibärchen-Taucher“, Aufgabe 1)

→ Problemlösung mittels Planung und Durchführung von Experimenten durch die Schüler



### Versuchsvorbereitung

#### Materialien

pro Gruppe:

- siehe vorherige Versuche,
- mehrere Gummibärchen,
- Teelichtgehäuse,
- Wattebausch. (Bilder 1 und 2)



#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Da in der Regel einige Versuche misslingen, sollte der Lehrer mehrere Gummibärchen bereithalten. Den Kindern wird mitgeteilt, dass sie alle vorhandenen Materialien benutzen dürfen. Sie müssen aber nicht! Die Watte beispielsweise ist für das Gelingen des Versuches nicht notwendig. Man kann sie aber als Polsterung für das Gummibärchen in das „Boot“ (Teelichtgehäuse) legen. An der Watte erkennt man besonders deutlich, dass kein Wasser in das Glas gedrungen ist.

### Planen und Durchführen von Versuchen

- Schülergruppen planen Versuche zur Problemlösung und probieren diese aus (ggf. Steuerung durch den Lehrer).

#### ► Aus der Praxis:

##### Schülerideen

a) Viele Schüler pressten das Gummibärchen innen am Boden des Glases fest und stülpten es dann mit der Öffnung nach unten (senkrecht) unter Wasser (Bilder 3 und 4). Das Gummibärchen blieb trocken! Die Schüler wurden entsprechend gelobt. Damit sie noch nach weiteren Möglichkeiten suchen, wurde folgender Impuls gegeben: „Das Gummibärchen ist zwar unter Wasser, klebt aber oben am Glasboden fest. Nun möchte es unbedingt an den Schatz gelangen. Der liegt aber unten auf dem Grund des Sees. Vielleicht gibt es ja noch eine andere, bessere Möglichkeit...“



Nun möchte es unbedingt an den Schatz gelangen. Der liegt aber unten auf dem Grund des Sees. Vielleicht gibt es ja noch eine andere, bessere Möglichkeit...

b) Oftmals benutzten die Schüler die Papiertücher, die noch vom vorangegangenen Versuch auf den Tischen lagen oder die Watte. Damit stopften sie das Gummibärchen im Glas fest und tauchten es mit der Öffnung nach unten, (senkrecht) unter Wasser (Bilder 5 und 6). Auch hier blieben Papiertuch bzw. Watte und Gummibärchen trocken. Ähnlich wie bei a) hat das Gummibärchen allerdings die Schwierigkeit an den Schatz auf dem Boden des Sees heranzukommen.

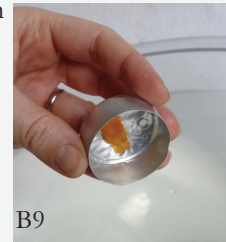




c) Weniger häufig war folgende Idee: Das Gummibärchen wurde auf den Boden des Glases gelegt und das Glas anschließend mit der Öffnung nach oben ins Wasser gedrückt (Bilder 7 und 8). Da das Glas in diesem Fall etwas höher war als der Wasserspiegel in der Schüssel, gelang der Versuch. Die Schüler wurden motiviert, nach weiteren Lösungsmöglichkeiten zu suchen: „Zwischen dem Grund des Sees und dem Gummibärchen ist die Glaswand. Das Gummibärchen kann so nicht nach dem Schatz graben.“



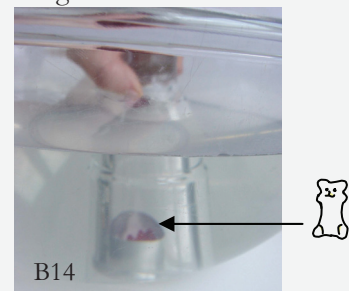
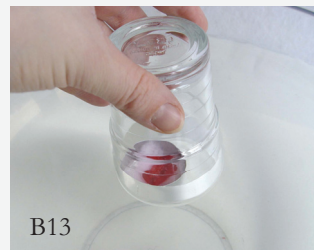
d) Für die meisten Schüler war es nicht von vornherein selbstverständlich, dass das Aluminiumgehäuse eines Teelichts auf dem Wasser schwimmt. Sie benutzten es z.B. statt des Glases als Taucherglocke. Das Gummibärchen wurde in das Teelichtgehäuse hineingedrückt (Bild 9). Dann wurde das Gehäuse mit dem Gummibärchen schnell gedreht und mit der Öffnung nach unten ins Wasser getaucht (Bild 10). Dieser Versuch missglückte regelmäßig, da das Gehäuse als Taucherglocke zu klein ist. Außerdem blieb das Gummibärchen meist nicht haften und fiel ins Wasser.



e) Als eine abgewandelte Variante zu d) hielten die Schüler das Teelichtgehäuse mit dem Gummibärchen in das umgedrehte Trinkglas und tauchten alles schnell unter Wasser (Bild 11). Auch dieser Versuch missglückte in der Regel, da durch die schnelle Bewegung Wasser in das Gehäuse auf das Gummibärchen schwappte oder das Gummibärchen aus dem Teelichtgehäuse ins Wasser fiel.



f) Bei diesen ‚Fehlversuchen‘ entdeckten viele Schüler, dass das Teelichtgehäuse auf dem Wasser schwimmt. Daraufhin kam ihnen der Einfall, es als Boot zu benutzen. Es wurde mit dem Gummibärchen (und teilweise der Watte) zunächst vorsichtig auf das Wasser gesetzt (Bild 12). Anschließend stülpten die Kinder das Glas darüber und drückten es senkrecht unter Wasser (Bild 13). Schauten die Kinder seitlich in die Schüssel, sahen sie, dass das Gummibärchen mit Boot und Taucherglocke (Glas) tatsächlich auf dem Boden der Schüssel angelangt war (Bild 14). Entsprechend der Geschichte könnte es nun aus dem Boot klettern, den Schatz ausgraben und mit diesem wieder das Boot besteigen um aufzutauchen. Nach dem „Ausstieg“ wurde das Gummibärchen betrachtet und befühlt: Es war trocken geblieben. (In einigen Schülergruppen wurde - als stummer Impuls - das Teelichtgehäuse vom Lehrer auf die Wasseroberfläche gesetzt.)

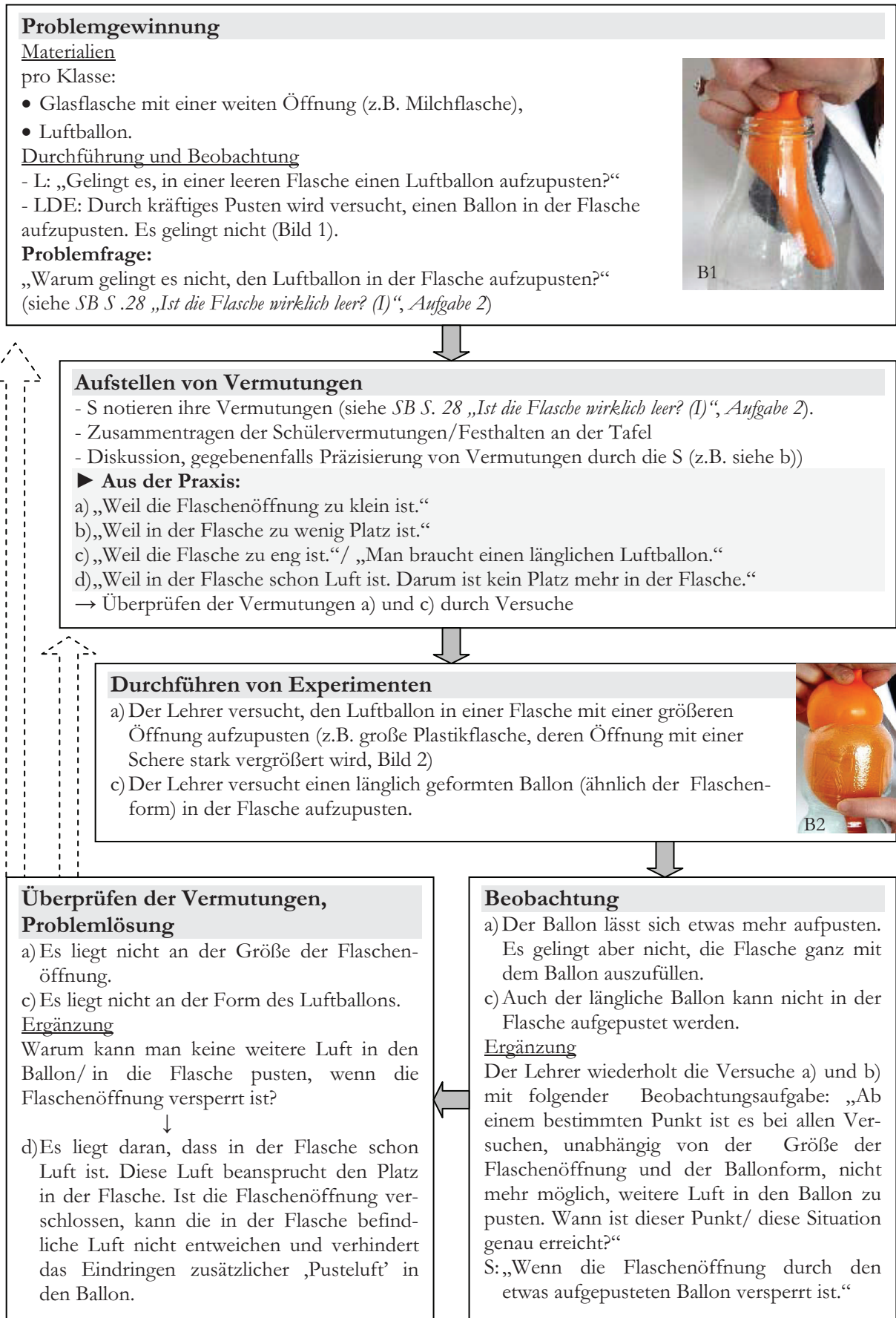


### Problemlösung

- S zeichnen ihre Problemlösung ein (siehe SB S. 27 „Gummibärchen-Taucher“, Aufgabe 2).
- Schülergruppen stellen ihr Experiment zur Problemlösung vor und erklären die Beobachtungsergebnisse.

## Zu 5.2. „Ist die Flasche wirklich leer? (I)“

Der Ablauf dieser zweiten Anwendungsaufgabe erfolgt ebenfalls forschend-entwickelnd und wird durch die folgende Übersicht veranschaulicht.







## Wissenssicherung

### „Weitergedacht“ (Anwendung):

L: „Gibt es trotzdem eine Möglichkeit, den Luftballon in der Flasche aufzupusten?“  
(siehe SB S. 28 „Ist die Flasche wirklich leer? (I)“, Aufgabe 3)

#### ► Aus der Praxis:

##### Schülerideen

a) S: „Wir müssen vorher Wasser in die Flasche füllen und dann den Luftballon darin aufpusten.“  
Dieser für den Lehrer überraschende Vorschlag wurde ausprobiert. Daraufhin erkannten die Schüler, dass auch das Wasser den Platz in der Flasche beansprucht und das Aufpusten eines Luftballons unmöglich macht: Dort wo Wasser ist, kann keine Luft sein.

b) S: „Mit einem Trinkhalm“  
(Bzw. Lehrer holt Trinkhalm als stummen Impuls hervor.)  
Einem Schüler wird der Trinkhalm gereicht, damit er seinen Lösungsvorschlag zeigen kann. Häufig steckten die Schüler daraufhin den Trinkhalm in den Luftballon hinein. Erst durch Ausprobieren erkannten die Schülern, dass auf diese Weise das Problem nicht behoben werden kann.

S: „Der Trinkhalm muss in die Flasche, aber neben den Luftballon.  
Damit die „alte“ Luft aus der Flasche raus kann. Der Trinkhalm ist der Ausgang für die Luft in der Flasche.“ (Bild 3)

c) S: „Wir müssen in die Flasche Löcher rein schlagen.“

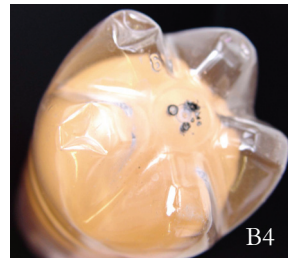
L: „Aber dann geht die Glasflasche kaputt.“

(Der Lösungsvorschlag kann mit einer Plastikflasche ausprobiert werden.)



##### Ergänzung

Schlagen die Schüler die Lösungsmöglichkeit c) nicht vor, kann der Lehrer sie mit diesem Versuch verblüffen: Statt einer Glasflasche wird nun eine Plastikflasche benutzt. In den Boden der Flasche stößt man vorher mit einer heißen Nadel einige Löcher (Bild 4). Diesmal gelingt das Aufpusten eines Luftballons in der Flasche auch ohne Trinkhalm (Bild 5). Der Versuch kann mehrmals wiederholt werden. Sind die Schüler ganz leise, können sie die aus den Löchern strömende Luft hören und haben den Trick schnell durchschaut. Hält man die Hand vor die Löcher, kann man die ausströmende Luft auch spüren.



- S zeichnen Lösungsvorschlag in das SB (siehe SB S. 28 „Ist die Flasche wirklich leer? (I)“, Aufgabe 3).



## 2. Doppelstunde

### Lerninhalte/Lernziele:

#### 1) Luft ist nicht „Nichts“.

Die Schüler sollen

- Luft bewusst als Stoff wahrnehmen, der existiert und Raum beansprucht,
- erfahren, dass Luft Wasser verdrängen kann,
- Luft anhand von Stoffeigenschaften beschreiben können (farblos, geruchlos, transparent).

#### 2) Luft als gasförmiger Stoff bzw. Körper

Die Schüler sollen

- den gasförmigen Aggregatzustand am Beispiel der Luft kennen lernen,
- die wissenschaftliche Bedeutung des Begriffes Gas kennen,
- erfahren, dass Luft als Gas zunächst eingesperrt werden muss, um sie transportieren zu können,
- zwischen Stoff und Körper (Gegenstand) am Beispiel der Luft unterscheiden können.

**Wichtige Vorkenntnis:** Stoffe lassen sich in die Aggregatzustände fest und flüssig einteilen.

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Anwendung *</b> Luft beansprucht Platz. Dort wo Luft ist, kann kein Wasser rein.	- S wenden Erkenntnisse aus der vorangegangenen Doppelstunde im Schülerversuch an.	SE (GA), siehe SB S. 29 „Ist die Flasche wirklich leer? (II)“, Aufgaben 1 - 3
<b>2. Luft als Stoff und Körper</b> 2.1. Stoffeigenschaften von Luft	<p><u>Zusammenfassung/ Wiederholung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S lesen Gedicht auf dem SB und ergänzen die Überschrift,</li> <li>- Zusammentragen des neu erworbenen Wissens über die Luft, UG.</li> </ul> <p>► <b>Aus der Praxis:</b></p> <p>„Luft braucht Raum/ Platz.“  „Dort wo Luft ist, kann kein Wasser rein/ sein.“  „Luft kann Wasser „runterdrücken“ bzw. verdrängen.“</p> <p>- Herausstellen, dass Luft ein Stoff ist und durch Stoffeigenschaften beschrieben werden kann</p> <p>- S beschreiben Luft anhand von Stoffeigenschaften, z.B.: farblos, transparent (durchsichtig), geruchlos.</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b></p> <p>Einige Schüler äußerten den Einwand, dass Luft manchmal einen Geruch hat: Sie kann stinken oder duften. Den Schülern wurde erklärt, dass in solchen Fällen der Geruch von anderen Stoffen ausgeht, die sich mit der Luft vermischen, z.B. die Duftstoffe eines Parfüms.</p> <p>- S füllen den Steckbrief zu Luft auf dem SB aus.</p> <p>- Problem: Welchen Aggregatzustand hat Luft?</p>	<p>SB S. 30 „Steckbrief von ...“, Aufgabe 1</p> <p>SB S. 30 „Steckbrief von ...“, Aufgabe 2</p>

Unterrichtsabschnitte	Methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
2.2. Einführen des gasförmigen Aggregatzustandes *	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wiederholen der Unterscheidungsmerkmale von festen und flüssigen Stoffen, UG</li> <li>- Erarbeiten des gasförmigen Aggregatzustandes durch Vergleichen des ‚Formverhaltens‘ von Feststoffen, Flüssigkeiten und Luft</li> <li>- Einführen des gasförmigen Aggregatzustandes durch den L</li> <li>- Herausstellen der wissenschaftlichen Bedeutung des Begriffes Gas (im Gegensatz zur Alltagsbedeutung)</li> </ul> <p><u>Festhalten der neuen Erkenntnis:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schüler ergänzen dritte Spalte der Tabelle auf dem SB,</li> <li>- S ergänzen den Aggregatzustand der Luft im Steckbrief.</li> </ul>	<p>Bereitstellen von festen und flüssigen Stoffen als Unterstützung, z.B. Holz, Glas, Kunststoff, Knete, Styropor, Öl, Wasser, Essig, Benzin,</p> <p>LD mit ST</p> <p>SB S. 24 „Wir können Stoffe einteilen“ (siehe UE 2)</p> <p>SB S. 30 „Steckbrief von ...“, Aufgabe 2</p>
2.3. Luft als Körper	<p><u>UG:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wiederholen der Begriffe Körper und Stoff (Körper unterscheiden sich z.B. in Form und Größe, Stoffe durch Stoffeigenschaften),</li> <li>- L-Impuls: „Kann Luft auch ein Körper sein?“ / „Gibt es Körper, die aus einem Gas bestehen?“,</li> <li>- S äußern ihre Meinung, nennen Beispiele,</li> <li>- mögliche Unterstützung durch Zeigen von Beispielen.</li> </ul> <p>- S lösen Aufgabe auf dem SB.</p>	<p>Bereitstellen/ Zeigen von festen und flüssigen Körpern als Unterstützung, z.B. Tisch, Stift, Wasser in der Gießkanne,</p> <p>leere (mit Luft gefüllte) Gefäße/ Behälter, z.B. Flasche, Glas, Luftballon, Schwimmreifen</p> <p>LDE/ SE: Glas mit Luft unter Wasser drücken (Luft als Körper verdrängt Wasser), Luftblasen erzeugen</p> <p>SB S. 30 „Steckbrief von ...“, Aufgabe 3</p>
3. Anwendung/ Festigung *	<p><u>L-Impuls:</u></p> <p>„Kann man Luft als Gas auffangen und umgießen?“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S erfahren im Experiment, dass Luft als gasförmiger Stoff zunächst eingesperrt werden muss, bevor man sie umfüllen kann.</li> </ul>	<p>SE (GA)</p>

## Zu 1. Anwendung

### Materialien

pro Gruppe:

- leere Plastikflasche,
- Trichter mit verengtem Trichterrohr (Vorbereitung siehe SB S. 29 „Ist die Flasche wirklich leer? (II)“, Aufgabe 1),
- Knete,
- Kannchen Wasser. (Bild 1)



### Didaktisch-methodische Hinweise:

Aus Zeitgründen bietet es sich an, die Trichterrohre vorbereitend mit Knete zu verengen. Die Schüler müssen dann lediglich den Trichter mit Knete auf der Flaschenöffnung befestigen.

### Durchführung

siehe SB S. 29 „Ist die Flasche wirklich leer? (II)“, Aufgabe:

Der Trichter wird auf die Flaschenöffnung gesetzt und die Verbindungsstelle mit Knete luftdicht abgeschlossen. Nun gießt man mit Schwung den Trichter voll Wasser. (Die Schüler sollen überlegen, warum kein Wasser in die Flasche fließen kann und nach einer Lösung suchen.) Damit Wasser in die Flasche fließen kann, muss die Flaschenwand vorsichtig zusammengedrückt und wieder losgelassen werden. Dieser Vorgang kann mehrmals wiederholt werden.

### Beobachtung und Auswertung

Nachdem der Trichter mit Wasser gefüllt worden ist, tröpfelt zunächst noch eine geringe Menge Wasser in die Flasche hinein, da sich die Luft als gasförmiger Stoff komprimieren lässt. (Diese besondere Eigenschaft der Luft lernen die Kinder in der dritten Doppelstunde dieser Unterrichtseinheit kennen.) Ist die Flasche gut abgedichtet, dringt nach kurzer Zeit kein Wasser mehr hinein (Bild 2). Es bleibt im Trichter. Die Luft füllt den Raum in der Flasche aus, so dass kein Platz für das Wasser ist. Während des Zusammendrückens der Flasche entweicht Luft, erkennbar an den aufsteigenden Luftblasen (Bild 3). Lässt man die Flaschenwand anschließend wieder los, fließt eine entsprechende Menge Wasser in die Flasche.



### Didaktisch-methodische Hinweise:

Unterstützend kann der Lehrer folgende Beobachtungsaufgabe stellen: „Schaut während des Zusammendrückens der Flasche von oben in den Trichter. Wenn ihr aufhört zu drücken, schaut in die Flasche hinein!“

Durch Lesen der Aufgabe 3 des Schülerarbeitsblattes können die Schüler kontrollieren, ob ihre Erklärung richtig ist (siehe SB S. 29 „Ist die Flasche wirklich leer? (II)“, Aufgabe 3).

## Zu 2.2. Einführen des gasförmigen Aggregatzustandes

Anknüpfend an die Einführung des festen und flüssigen Aggregatzustandes in der UE 2 „Körper und Stoffe“ wird nun der gasförmige Aggregatzustand auf phänomenologischer Ebene veranschaulicht.

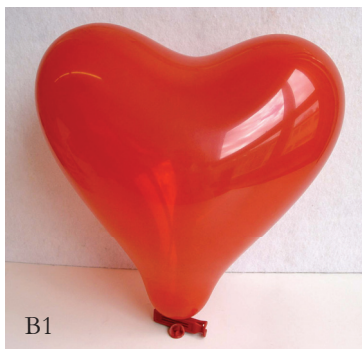
### Materialien

pro Klasse:

- aufblasbare Gegenstände unterschiedlicher Form (z.B. Luftballons, durchsichtige Gummihandschuhe, Schwimmreifen, Schwimmflügel),
- Kannächen mit Wasser.

### Durchführung, Beobachtung und Auswertung

Die verschiedenen aufblasbaren Gegenstände werden auf einzelne Schüler verteilt. Sie sollen in diese Gegenstände Luft pusten. Die Gegenstände füllen sich gleichmäßig mit Luft. Luft nimmt die Form des jeweiligen Gegenstandes an, in welchen sie gefüllt wird (Bilder 1 und 2). Demzufolge kann Luft kein Feststoff sein.



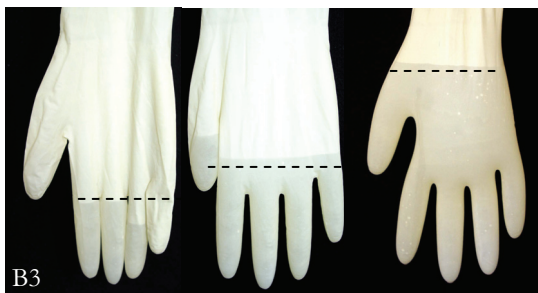
B1



B2

Um herauszufinden, ob Luft sich den flüssigen Stoffen zuordnen lässt, kann vom Lehrer folgende Beobachtungsaufgabe gestellt werden: „Verhält sich Luft genauso wie eine Flüssigkeit, wie beispielsweise Wasser?“ Dazu wird ein Gummihandschuh mit etwas Wasser gefüllt. Ein weiterer Gummihandschuh wird mit etwas Luft aufgepustet und zugehalten. Beide Handschuhe werden nebeneinander gehalten und miteinander verglichen. Der Versuch wird mehrmals wiederholt, wobei die jeweilige Menge von Wasser und Luft variiert wird.

Als Gemeinsamkeit kann beobachtet werden, dass sich Flüssigkeiten und Luft der jeweiligen Form des Gefäßes, in welches sie gefüllt werden, anpassen. Unterschied: Das Wasser füllt nicht den gesamten Handschuh aus, sondern sammelt sich zunächst unten in den ‚Fingern‘. Man erkennt die Höhe des Wasserspiegels. Dieser steigt, je mehr Wasser in den Handschuh gefüllt wird (Bild 3). Luft verhält sich anders. Unabhängig davon, ob wenig oder viel Luft in den Gummihandschuh gefüllt wird, dehnt sich dieser stets gleichmäßig aus. Luft verteilt sich immer im gesamten Handschuh. Luft bildet keine begrenzende Oberfläche wie Flüssigkeiten, z.B. Wasser (Bild 4).



B3



B4

### Zu 3. Anwendung/ Festigung

Mit dieser Anwendungs- bzw. Festigungsaufgabe kann den Schülern nochmals die Besonderheit gasförmiger Stoffe begreiflich gemacht werden. Ausgehend von der Frage: „Kann man Gase auffangen und umgießen?“ lernen sie, dass Gase im Vergleich zu Flüssigkeiten zunächst eingeschlossen werden müssen, bevor man sie umfüllen kann.

#### Materialien

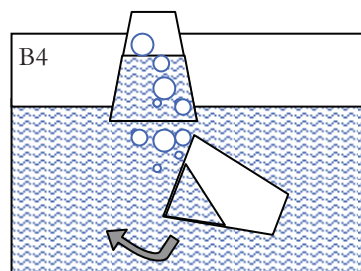
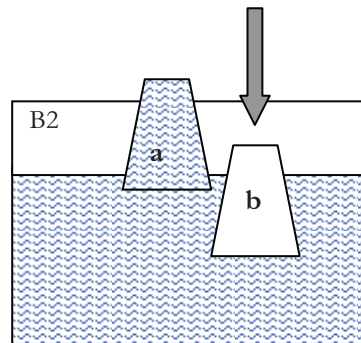
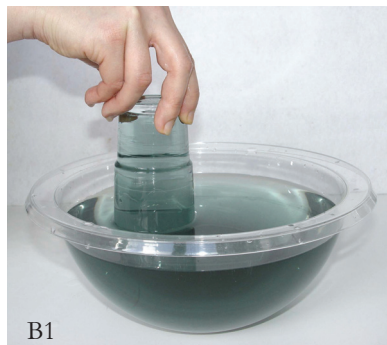
pro Gruppe:

- große Schüssel mit Wasser,
- zwei einfache Gläser,
- Handtuch.

#### Durchführung

Ein Glas wird auf den Boden der Schüssel gelegt, damit es sich mit Wasser füllt. Nun wird dieses Glas mit der Öffnung nach unten, senkrecht aus dem Wasser gezogen, wobei die Öffnung unter Wasser bleiben soll (Bild 1). In dieser Position wird das Glas (Bild 2, **a**) festgehalten.

Mit der anderen Hand bringt man das zweite Glas (Bild 2, **b**, mit Luft gefüllt) dicht neben das erste Glas und drückt es senkrecht unter Wasser. Nun wird es langsam in Schräglage gebracht, so dass die Luft in das Wasserglas umgefüllt werden kann (Bilder 3 und 4).



#### Beobachtung und Auswertung

Luftblasen entweichen aus dem schräg gehaltenen Glas und steigen in das Wasserglas. Dort verdrängt die Luft das Wasser, der Wasserspiegel sinkt. Stattdessen füllt sich das Glas in Schräglage mit Wasser (Bilder 3 und 4).

Da gasförmige Stoffe, wie z.B. Luft, sich stets gleichmäßig im Raum verteilen, der ihnen zur Verfügung steht, müssen sie zum Auffangen oder Umfüllen ‚eingesperrt‘ werden. Wasser kann als ‚Sperrflüssigkeit‘ dienen: Unter Wasser gelingt es, Gase aufzufangen oder umzufüllen. Diesen Vorgang nennt man auch pneumatisches Auffangen.



### 3. Doppelstunde

#### Lerninhalte/Lernziele:

#### 3) Komprimierbarkeit als besondere Eigenschaft von Luft

Die Schüler sollen

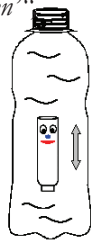
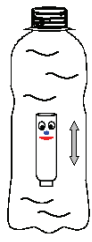
- wissen, dass Luft als Gas sich komprimieren lässt,
- erfahren, dass komprimierte Luft (Druckluft) Arbeit verrichten kann,
- Beispiele nennen können, wozu der Mensch die Komprimierbarkeit der Luft nutzt.

#### 4) Luft hat eine Masse.


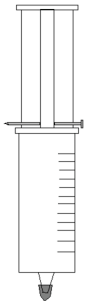
Die Schüler sollen

- wissen, dass Luft eine Masse besitzt (Gewicht hat),
- eine experimentelle Möglichkeit kennen lernen, wie man die Masse von Luft ermitteln kann.

**Wichtige Vorkenntnis:** Luft ist ein Stoff, der existiert und Raum beansprucht.

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Komprimierbarkeit als besondere Eigenschaft von Luft</b> 1.1. Problemgewinnung * <u>Problemfrage:</u> „Wie funktioniert das ‚Flaschenteufelchen‘?“ („Warum sinkt das ‚Flaschenteufelchen‘, wenn man auf die Flasche drückt? Und warum steigt es wieder nach oben, wenn man die Flasche loslässt?“)  1.2. Aufstellen von Vermutungen   Überprüfen der Vermutungen durch Untersuchungen  1.3. Durchführen von Untersuchungen   1.4. Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse	forschend-entwickelnd:  - S fertigen „Flaschenteufelchen“ an und probieren es aus.  - Aufwerfen der Problemfrage durch S bzw. L   - S notieren ihre Vermutungen auf SB. - Zusammentragen der Schülervermutungen <b>► Aus der Praxis:</b> <u>Schülervermutungen</u> a) keine vermutete Erklärung b) „Unter dem Flaschendeckel befindet sich ein Magnet.“ c) „Durch den Druck kommt Wasser in das Glasröhrchen. Dadurch wird es schwerer und sinkt nach unten. Lässt man los, geht das Wasser wieder raus. Dadurch wird das Röhrchen leichter und steigt wieder nach oben.“  <u>Zu Vermutung b):</u> S schrauben Flaschendeckel ab und prüfen das Vorhandensein eines Magneten. <u>Zu Vermutung c):</u> L stellt eine gezielte Beobachtungsaufgabe: „Lässt das Flaschenteufelchen erneut auf- und abtanzen. Beobachtet dabei genau, ob sich etwas in dem Glasröhrchen verändert!“  - Bestätigen der Vermutung c)	SE (EA/ PA), siehe SB S. 31 „Das ‚Flaschenteufelchen‘“ <i>Aufgabe 1</i>   SB S. 31, <i>Aufgabe 2</i>   SE (EA/ PA) 

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
1.5. Ableiten einer zweiten <u>Problemfrage</u> : „Was passiert mit der Luft im ‚Flaschenteufelchen‘, wenn Wasser hineinkommt?“	- anknüpfend an Abschnitt 1.4.: Aufwerfen einer neuen Problemfrage durch S oder L	
1.6. Aufstellen von Vermutungen	- S notieren ihre Vermutungen. - Zusammentragen, Diskussion bzw. Präzisierung von Vermutungen (z.B. Vermutung b), UG ► <b>Aus der Praxis:</b> <u>Schülervermutungen</u> a) „Die Luft wird unten aus dem Glasröhrchen gedrückt.“ b) „Die Luft geht nach oben.“ c) „Die Luft im Glasröhrchen wird zusammengedrückt.“	SB S. 32 „Das ‚Flaschenteufelchen‘“, Aufgabe 3
Überprüfen der Vermutungen durch Untersuchungen bzw. Experimente		
1.7. Durchführen von Untersuchungen bzw. Experimenten *	<u>Zu Vermutung a)</u> : S sollen erneut auf die Flaschenwand drücken und gezielt beobachten, ob Luft aus dem Glasröhrchen entweicht. <u>Zu Vermutung c)</u> : - S überprüfen mithilfe einer Spritze, ob sich Luft zusammendrücken lässt, - Vergleich mit Wasser.	SE (EA/ PA) siehe SB S. 32, Aufgabe 4
1.8. Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse	- Bestätigen der Vermutung c) - Einführen des Begriffes Komprimieren durch den L	
<u>Problemlösung</u>	<u>Zusammenfassen der Funktionsweise des „Flaschenteufelchens“, LV</u> : - Übertragung des Drucks von der Flaschenwand über das Wasser zur Luft im Glasröhrchen, - Komprimierung der Luft und Eindringen von Wasser, „Flaschenteufelchen“ sinkt, - bei Loslassen der Flaschenwand (Druckabnahme) Ausdehnung der Luft (nimmt ursprünglichen Raum ein), - komprimierte Luft (Druckluft) drückt dabei Wasser aus dem Glasröhrchen, „Flaschenteufelchen“ steigt nach oben.	<u>Ergänzungsexperiment</u> : S komprimieren Luft in einer Spritze und lassen den Kolben der Spritze anschließend wieder los: Kolben federt in Ausgangslage zurück.
1.9. Wissenssicherung *	<u>Wiederholung</u> : S ergänzen Lückentext auf SB. <u>Anwendung</u> : - Der Mensch nutzt die Luft (Druckluft) im Alltag. - „Wie funktioniert ein U-Boot?“	SB S. 32, Aufgabe 5  SB S. 33 „Der Mensch nutzt die Luft im Alltag“, Aufgaben 1-3

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>2. Luft hat eine Masse</b> 2.1. Problemgewinnung *	forschend-entwickelnd:  <u>Aufgabe:</u> „Ordnet folgende Dinge nach ihrer Masse: Eisennagel, Stück Knete, Stück Schaumstoff, Weinkorken, 50 ml Wasser!“, ST (GA)  - Auswerten der Ergebnisse, UG <u>mögliche Probleme:</u> - S erfühlen Gewicht der einzelnen Stoffportionen und kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen (Überprüfen der Ergebnisse mittels Waage), - Ermitteln der Masse von 50 ml Wasser.  - anknüpfend Aufwerfen der Problemfrage durch den L	<u>Materialien</u> pro Gruppe: - Eisennagel, Knete, Schaumstoff, Weinkorken, - Messbecher für Wasser,  - Digitalwaage, z.B. Küchenwaage (vom L bei Bedarf bereitgehalten).  <i>SB S. 34 „Hat Luft eine Masse?“, Aufgabe 1</i>
<u>Problemfrage:</u> „Hat Luft eine Masse?“  2.2. Aufstellen von Vermutungen  Überprüfen der Vermutungen durch ein Experiment	- S notieren ihre Vermutungen auf SB. - Zusammentragen der Vermutungen ► <b>Aus der Praxis:</b> <u>Schülervermutungen (35 S = 100 %)</u> Luft hat eine Masse. 22 S (63 %) Luft hat keine Masse. 13 S (37 %)	
2.3. Planen und Durchführen eines Experimentes *	- gemeinsames Suchen nach einer experimentellen Überprüfungsmöglichkeit, Planen der Vorgehensweise Durchführen des Experimentes - S tragen Messergebnisse in die Tabelle auf dem SB ein.	LDE mit ST <i>SB S. 34, Aufgabe 2: Beobachtung</i> 
2.4. Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse <u>Problemlösung</u>	- Auswerten der Beobachtungsergebnisse - S lösen Aufgaben auf dem SB. - Ergebnis: Luft hat eine Masse.	<i>SB S. 34, Aufgabe 2: Auswertung a) und b)</i>
2.5. Wissenssicherung	<u>Wiederholung:</u> - S lesen Informationstext auf SB, - S überprüfen, ob die experimentell ermittelte Masse von Luft mit dem Wert aus Büchern übereinstimmt, - S suchen nach möglichen Fehlerquellen (bei Abweichen des Wertes).	<i>SB S. 35 „Hat Luft eine Masse?“, Aufgaben 3 und 4</i>
<b>3. Wiederholung/ Kontrolle</b>	- S lösen Aufgaben auf SB.	<i>SB S. 36 „Kontrolle“, Aufgaben 1 und 2</i>

## Zu 1.1. Problemgewinnung

### Materialien

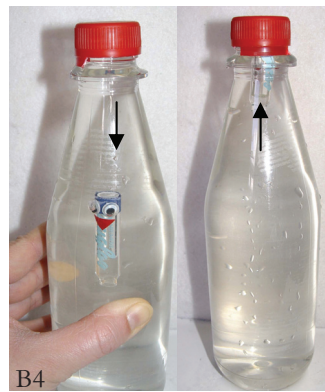
pro Schüler/Schülerpaar:

- kleine Plastikflasche,
- kleines Glasröhrchen (z.B. Parfümproböchen, Backaroma-Fläschchen, Bastelutensilien zum Verzieren des Glasröhrchens, Bild 1),
- Kännchen Wasser,
- Handtuch.

### Durchführung

siehe SB S. 31 „Das ‚Flaschenteufelchen‘“, Aufgabe 1

Die Plastikflasche wird randvoll (!) mit Wasser gefüllt, so dass sich nach dem Verschließen mit dem Deckel möglichst keine Luft mehr in der Flasche befindet. Vor dem Verschließen wird das Glasröhrchen mit der Öffnung nach unten in das Wasser gesetzt (Bild 2). Nachdem der Deckel auf die Flasche geschraubt wurde (Bild 3), kann das ‚Flaschenteufelchen‘ ausprobiert werden: Dazu drückt man mit beiden Händen auf die Flaschenwand und hält den Druck eine kurze Zeit lang. Dann lässt man die Flasche wieder los. Dieser Vorgang kann mehrmals wiederholt werden.



### Beobachtung

Das ‚Flaschenteufelchen‘ (Glasröhrchen) tanzt in der Flasche auf und ab: Es sinkt, wenn man auf die Flaschenwand drückt, und steigt wieder auf, wenn man die Flasche loslässt (Bilder 4 und 5).

## Zu 1.7. Durchführen von Untersuchungen bzw. Experimenten

### Materialien

pro Schüler/ Schülerpaar:

- Plastikspritze ohne Nadel (in der Apotheke erhältlich),
- Schüssel oder Glas mit Wasser.

### Durchführung

siehe SB S. 32 „Das ‚Flaschenteufelchen‘“, Aufgabe 4

Die Spritze wird mit Luft aufgezogen. Nun wird die Spritzenöffnung zugehalten und versucht, durch Schieben des Kolbens die Luft in der Spritze zusammenzudrücken. Anschließend wird die Spritze vollständig mit Wasser gefüllt. Diesmal soll geprüft werden, ob Wasser sich zusammendrücken lässt.

### Beobachtung

Die Luft in der Spritze lässt sich sehr leicht und stark zusammendrücken (Bild 1). Wasser dagegen nicht (Bild 2).





## Zu 1.9. Wissenssicherung

Dass komprimierte Luft (Druckluft) Arbeit verrichten kann, lässt sich z.B. auch mithilfe einer Metallfeder (z.B. Kugelschreiberfeder) modellhaft veranschaulichen. Durch äußere Kraftanwendung lässt sich die Feder zusammendrücken. Lässt man die Feder los, nimmt sie wieder ihre ursprüngliche Form bzw. ihr ursprüngliches Volumen ein.

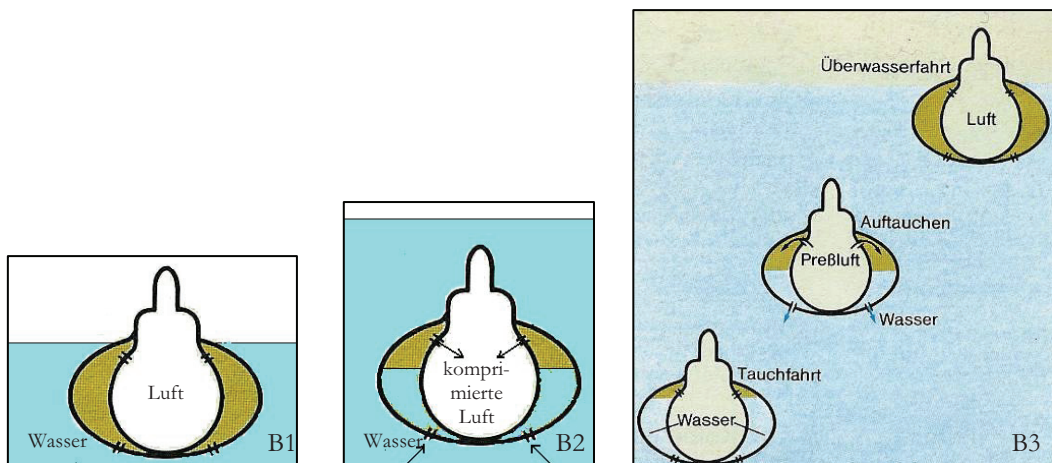
Folgende Beispiele zeigen, wo der Mensch die Komprimierbarkeit der Luft im Alltag nutzt:

- Fahrrad-, Motorrad-, Auto- und Kinderwagenreifen, Fußbälle und Luftmatratzen federn besonders gut, wenn sie nicht allzu fest aufgepumpt werden,
- Luftgefederte Fahrzeuge gleichen Unebenheiten auf der Straße durch luftgefüllte Zylinder mit beweglichem Kolben aus,
- Druckluft treibt den Zahnarztbohrer und den Drucklufthammer beim Straßenbau an.

Die Komprimierbarkeit von Luft nutzt der Mensch z.B. auch in der Schifffahrt. Mithilfe des „Flaschenteufelchens“ lässt sich den Schülern auch zeigen, wie ein U-Boot im Wasser sinken und wieder aufsteigen kann.

U-Boote sind Schiffe mit einem zigarren- oder tropfenförmigen Stahlrumpf. Durch einen Turm an der Oberseite gelangt man hinein. An den Seiten des Rumpfes befinden sich Tauchtanks, an der Unterseite des Schiffes einige Ventile zum Schließen und Öffnen (Bild 1) Wenn das U-Boot tauchen soll, werden diese Ventile geöffnet, und Wasser fließt in die Tanks. Die Luft im Boot wird dabei komprimiert (Bild 2). Das Schiff wird schwerer (als die verdrängte Wassermenge) und sinkt. Die Tiefenruder, waagerechte Flossen, werden gleichzeitig so eingestellt, dass das U-Boot abwärts fährt. Das Auftauchen wird durch das Herauspressen des Wassers aus den Tanks mithilfe der Druckluft ermöglicht (Bild 3). Denn zusammengedrückte Luft (Druckluft/ Pressluft) kann beim Ausdehnen Arbeit verrichten, z.B. Wasser verdrängen. Das U-Boot wird leichter (als die verdrängte Wassermenge) und steigt auf. Erneut helfen dabei die Tiefenruder.

Zur Veranschaulichung für die Schüler soll das „Flaschenteufelchen“ ein U-Boot symbolisieren. Das Wasser in der Flasche entspricht dem Meerwasser. Wenn das U-Boot sinken soll, wird Meerwasser in die Tanks geflutet: Durch Druck auf die Flaschenwand füllt sich das Glasröhrchen (U-Boot) mit Wasser und sinkt. Soll das U-Boot wieder steigen, muss der Druck von der Flaschenwand genommen werden: Die komprimierte Luft im Glasröhrchen (U-Boot) drückt das Meerwasser wieder hinaus. Es wird leichter und steigt nach oben.



B3 aus: Physik für die Sekundarstufe I. Länderausgabe 0, Teilband 1.1. Berlin: Cornelsen Verlag, 1991.



## Zu 2.1. Problemgewinnung

### ► Aus der Praxis:

Entgegen der Lehrererwartung forderte keine Schülergruppe eine Waage an. Die Schüler ordneten die verschiedenen Stoffportionen, nachdem sie deren Massen mit den Händen erfühlt und verglichen hatten. Den Messbecher füllten sie vorher bis zur 50 ml - Marke mit Wasser. Die Schülergruppen gelangten teilweise zu unterschiedlichen Ergebnissen:

- a) Schaumstoff < Weinkorken < Eisennagel < Knete < 50 ml Wasser
- b) Schaumstoff < Eisennagel < Weinkorken < Knete < 50 ml Wasser
- c) Schaumstoff < Weinkorken < Eisennagel < 50 ml Wasser < Knete

L: „Wie können wir überprüfen, ob das Ergebnis/ welches Ergebnis tatsächlich richtig ist?“

S: „Wir müssen die Sachen mit einer Waage wiegen.“

Die Schüler überprüfen ihre Schätzungen nun mithilfe einer digitalen Küchenwaage. In der Unterrichtserprobung stießen alle Schülergruppen von selbst auf folgendes Problem: Stellt man den Messbecher Wasser auf die Waage, so wiegt man den Plastikbehälter mit. Das Ergebnis wird verfälscht. Ohne Hilfe des Lehrers kamen sie auf eine Lösung: Der Messbecher wurde mit und ohne Wasser gewogen. Anschließend errechneten die Schüler die Differenz. Ergebnis b) erwies sich als richtig: Schaumstoff (2 g) < Eisennagel (5 g) < Weinkorken (8 g) < Knete (32 g) < 50 ml Wasser (50 g).

## Zu 2.3. Planen und Durchführen eines Experimentes

### ► Aus der Praxis:

Ein Schülervorschlag war, kräftig auf die Digitalwaage (Küchenwaage) zu pusten. Beim Ausprobieren zeigte die Waage tatsächlich mehrere Gramm an. Die ausgepustete Luft übte einen Druck auf die Waage aus. Demnach muss die Luft auch etwas wiegen. Denn der Druck eines Körpers ergibt sich aus dessen Gewichtskraft (Masse), die auf eine bestimmte Fläche wirkt.

In Anlehnung an die vorangegangene Aufgabenstellung: „Ordnen verschiedener Stoffportionen nach der Masse“ unterbreiteten einige Schüler folgende Idee:

S<sub>1</sub>: „Ähnlich wie beim Wasser müssen wir ein Gefäß oder so was nehmen, vielleicht eine Plastiktüte. Die wiegen wir einmal mit Luft und einmal ohne Luft. Dann rechnen wir das wieder aus.“

L zeigt den Schülern eine Plastikspritze: „Wie schafft man es, die Spritze ohne Luft zu wiegen?“

S<sub>2</sub>: „Wir müssen den Kolben reinschieben.“

L: zeigt den Schülern, dass sich dann auch noch Luft in der Spritze befindet

S<sub>3</sub>: „Wir müssen in der Spritze ein Vakuum erzeugen.“ (Der Vorschlag wurde in zwei Schülergruppen der Unterrichtserprobung unterbreitet.)

L: „Und wie kann man das erzeugen?“

S<sub>3</sub>: „...?“

L erklärt die Vorgehensweise des Experimentes.

### Materialien

pro Klasse:

- Plastikspritze (100 ml) ohne Nadel (in der Apotheke erhältlich),
- Verschlusskappe für die Spritzenöffnung,
- Eisennagel (Länge ungefähr 12 cm),
- Digitalwaage, die möglichst zwei Stellen nach dem Komma anzeigt.

### Vorbereitung

Der Kolben der Spritze wird genau bis zur 100 ml - Marke herausgezogen. Der Eisennagel wird erhitzt und dann so durch das Zentrum des Plastikkolbens gestochen, dass dieser nicht mehr in die Spritze hineingeschoben werden kann.

### Durchführung

#### a) Spritze ohne Luft wiegen:

Der Kolben wird ganz in die Spritze hineingeschoben, so dass die gesamte Luft aus der Spritze herausgedrückt wird. Die Öffnung der Spritze mit der Verschlusskappe dicht verschlossen. Der Kolben wird nun mit viel Kraft wieder bis zur 100 ml - Marke herausgezogen. Dieses Evakuieren der Spritze erfordert eine größere Kraftanstrengung, da man den Kolben entgegen dem äußeren Luftdruck herausziehen muss. Damit der Kolben sich nicht wieder zurückschiebt, wird der Eisennagel in das vorher durchgestochene Loch geschoben. Dabei kann ein Schüler dem Lehrer assistieren. Die nun annähernd evakuierte Spritze sollte rasch gewogen werden, damit grobe Messfehler durch die langsam wieder einströmende Luft vermieden werden (Bild 1).

#### b) Spritze mit Luft wiegen:

Die Spritze wird bis zur 100 ml – Marke mit Luft gefüllt. Dazu wird der Kolben bei offener Spritze herausgezogen. Vor dem Wiegen müssen Verschlusskappe und Eisennagel wieder an der Spritze befestigt werden (Bild 2).



B1



B2

(Experiment nach Viktor Obendrauf)

### **Didaktisch-methodische Hinweise:**

Ein bekannter Versuch zum Thema „Luft hat eine Masse“ ist dieser: An beiden Seiten einer Balkenwaage wird ein leerer Luftballon befestigt, so dass die Waage sich zunächst im Gleichgewicht befindet. Anschließend wird ein Ballon mit Luft gefüllt. Beobachtung: Die Seite mit dem aufgeblasenen Luftballon sinkt ab. Allerdings ist die Erklärung für diese Beobachtung eine etwas andere als im vorher beschriebenen Versuch mit der Spritze. Die Balkenseite mit dem aufgeblasenen Ballon sinkt ab, weil sich darin komprimierte Luft befindet, die somit „schwerer“ ist als die nicht komprimierte Umgebungsluft.

## 5.4. Beschreibung der UE 4 „Kohlendioxid“



### 5.4.1. Lerninhalte/ Lernziele

#### 1) Entdecken eines neuen gasförmigen Stoffes beim Auflösen von Brausetabletten

Die Schüler sollen

- erfahren, dass beim Auflösen einer Brausetablette ein gasförmiger Stoff entsteht,
- das entstehende „Brausetablettengas“ auffangen und untersuchen,
- erkennen, dass es sich bei dem „Brausetablettengas“ nicht um Luft bzw. Sauerstoff handeln kann.

#### 2) Einführung von Kohlendioxid

Die Schüler sollen

- wissen, dass beim Auflösen einer Brausetablette das Gas Kohlendioxid entsteht,
- Stoffeigenschaften von Kohlendioxid ermitteln und beschreiben,
- den Nachweis von Kohlendioxid mit Kalkwasser kennen lernen.

#### 3) weitere Verwendung/ Vorkommen von Kohlendioxid

Die Schüler sollen

- Kohlendioxid in anderen „Sprudelgetränken“ nachweisen,
- erfahren, dass Kohlendioxid aus Backpulver freigesetzt wird (bei Zugabe von Wasser bzw. bei Hitze) und für das Entstehen der Löcher im Kuchen verantwortlich ist (Teiglockerung),
- erfahren und nachweisen, dass sich in der Ausatemluft Kohlendioxid befindet.

#### 4) Kohlendioxid „hat Kraft“ (Druck, Rückstoßprinzip).

Die Schüler sollen

- Ideen entwickeln, Versuche planen und ausprobieren, wie man eine selbst angefertigte „Fotodosen-Rakete“ zum Starten bringen kann,
- am Beispiel von Kohlendioxid ihr bisheriges Wissen zu gasförmigen Stoffen festigen (Kohlendioxid beansprucht Platz),
- am Beispiel von Kohlendioxid erfahren, dass komprimierte gasförmige Stoffe einen starken Druck ausüben können.

## 5.4.2. *Didaktische und methodische Aspekte*

Die derzeitigen Rahmenpläne für den Sachunterricht der Grundschule sehen keine thematische Auseinandersetzung mit dem Stoff Kohlendioxid vor.

Die hier beschriebene Unterrichtskonzeption schließt eine Behandlung dieses Lerninhaltes mit ein, da Kohlendioxid in der Lebens- und Umwelt allgegenwärtig ist, im positiven und negativen Sinne. Es ist Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Menschen. Für die Pflanzen ist Kohlendioxid ein Nahrungsmittel. Sie wandeln es mithilfe ihres grünen Blattfarbstoffes Chlorophyll und mithilfe des Sonnenlichts in Stoffe wie Zucker, Stärke, Fette und Eiweiß um. Bei der so genannten Fotosynthese wiederum entsteht der für Menschen und Tiere lebensnotwendige Sauerstoff. Dieser wird mit der aufgenommenen Nahrung bei Stoffwechselprozessen umgewandelt, wobei u.a. erneut Kohlendioxid entsteht. Es befindet sich zu ca. 4 % in der Ausatemluft.

Im globalen Kohlenstoffkreislauf zirkulieren jährlich Milliarden Tonnen von Kohlenstoff, meist in Form von Kohlendioxid, zwischen Luft, Land und Meer. Als Treibhausgas in der Atmosphäre sorgt Kohlendioxid (neben anderen Treibhausgasen, wie beispielsweise Wasserdampf, Methan, Fluorkohlenwasserstoffe) für eine mittlere Jahrestemperatur auf unserem Planeten von durchschnittlich 15 °C. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt würde es vermutlich gar keine Menschen geben, da sich bei einer sonst vorherrschenden Temperatur von ca. minus 18 °C keine höheren Lebewesen hätten entwickeln können.

Problematisch ist der mit dem Beginn der Industrialisierung stetig zunehmende Kohlendioxid-Anteil in der Atmosphäre. Durch die Verbrennung fossiler Energieträger, wie Kohle, Erdgas, Erdöl und Erdölprodukte (Benzin, Diesel, Heizöl) entsteht weltweit mehr Kohlendioxid, als durch natürliche Prozesse verbraucht wird. Auch die großflächige Vernichtung von Tropenwald verursacht eine Erhöhung des Kohlendioxid-Anteils in der Atmosphäre. Er ist seit 1750 um über 30 % gestiegen und nach Meinung der meisten Experten verantwortlich für den anthroposophischen Treibhauseffekt. Die damit verbundene Erderwärmung hat für das Leben auf der Erde weitreichende Konsequenzen [SCHUNK].

Spätestens seit dem Bericht des Weltklimarates (IPCC) im Februar 2007 wird wieder verstärkt über den Klimaschutz diskutiert. Im April 2007 befasste sich sogar der UN-Sicherheitsrat erstmalig mit Fragen des Klimawandels [Bundesministerium für Umwelt].

Der Bildungs- und Erziehungsauftrag der Schule schließt Umweltbildung mit ein. Deshalb übernimmt die Schule eine zunehmend wichtige Rolle bei der Aufklärung über Ursachen und Folgen des Klimawandels und beim Aufzeigen von Handlungsoptionen. Aufgrund der Aktualität und der starken Präsenz in den Medien ist das Thema Klimaschutz auch schon für Grundschüler allgegenwärtig und bedeutsam. Erfahrungen aus der Unterrichtserprobung zeigen, dass die Kinder den Begriff „Kohlendioxid“ oder sogar die Formel „CO<sub>2</sub>“ häufig kennen und diesbezügliche Fragen mit in den Unterricht bringen.

Aber nicht nur aus der Klimadiskussion ergibt sich ein Anknüpfungspunkt. Kohlendioxid begegnet den Kindern auch im Alltag und weckt ihr Interesse: Es verursacht das erfrischende Prickeln bzw. Sprudeln in Getränken wie Mineralwasser, Schorle oder Cola. Fälschlicherweise wird dieses Sprudeln in der Alltagssprache meist mit dem Begriff Kohlensäure erklärt.

Aus den eben aufgeführten Gründen erscheint es sinnvoll und möglich, bereits Grundschüler mit dem Stoff Kohlendioxid bekannt zu machen. Somit können frühzeitig Grundlagen geschaffen werden, an die der nachfolgende naturwissenschaftliche Unterricht anknüpfen kann. Insbesondere, wenn die Schüler lernen, dass bei der Verbrennung von Stoffen neue Stoffe entstehen, wie beispielsweise das unerwünschte Reaktionsprodukt Kohlendioxid bei der Verbrennung von Kohle, Erdöl oder Benzin.

Ein weiteres Argument für eine Behandlung von Kohlendioxid bezieht sich auf die in der UE 2 „Körper und Stoffe“ und in der UE 3 „Luft begreifen“ beschriebenen Überlegungen zur Einführung des Stoffbegriffes, der Stoffeigenschaften sowie der Aggregatzustände. Mit Kohlendioxid lernen die Schüler einen weiteren gasförmigen Stoff mit besonderen Stoffeigenschaften kennen. Damit sollen bereits erworbene Kenntnisse gefestigt, angewandt und

erweitert werden. Vor allem beim Erfassen von gasförmigen Stoffen haben Schüler Schwierigkeiten, da diese meist nicht sichtbar und nicht wirklich greifbar sind. Das Beispiel Luft wird vermutlich nicht ausreichen, um Schülern die Besonderheit von Gasen zu vermitteln. Die unmittelbar anschließende Einführung von Kohlendioxid ermöglicht es den Schülern, im Vergleich der beiden Stoffe ihr erarbeitetes Wissen zum gasförmigen Aggregatzustand zu verallgemeinern.

Darüber hinaus kann ein Vorwissen zum Stoff Kohlendioxid Verstehensschwierigkeiten im Sekundarstufenunterricht möglicherweise vorbeugen. Schülern fällt es schwer, chemische Reaktionen als Interaktion zwischen mehreren Stoffen zu verstehen. Insbesondere dann, wenn teilweise gasförmige Stoffe, wie z.B. Kohlendioxid, als Edukte oder Reaktionsprodukte beteiligt sind.

### **Zu 1) Entdecken eines neuen Stoffes beim Auflösen von Brausetabletten**

Das Bekanntmachen der Schüler mit Kohlendioxid erfolgt unter Nutzung eines für sie bekannten Alltagsphänomens: Beim Auflösen einer Brausetablette sprudelt es kräftig. Es bilden sich Bläschen. Mittels Schülerexperiment wird das entstehende „Brausetablettengas“ in einem Luftballon aufgefangen. Im Sinne eines Forschend-entwickelnden Unterrichts sollen die Schüler Vermutungen darüber aufstellen, welcher Stoff sich im Luftballon befindet und letztendlich das Sprudeln beim Auflösen einer Brausetablette verursacht. Die erwartete und in der Unterrichtserprobung geäußerte Vermutung „Luft“ bzw. „Sauerstoff“ wird in einem für die Schüler verblüffenden Überprüfungsexperiment widerlegt: Der Inhalt des Ballons wird in ein offenes Glas umgefüllt. In dieses Glas wird eine brennende Kerze gehalten. Die Flamme erlischt sofort. Zum Vergleich befindet sich eine zweite Kerze in einem offenen, mit Luft gefülltem Glas: Die Kerze brennt weiter. Aus den Beobachtungen können die Schüler selbstständig schlussfolgern, dass es sich bei dem „Brausetablettengas“ nicht um Luft (Sauerstoff) handeln kann.

### **Zu 2) Einführung von Kohlendioxid**

Obwohl Kohlendioxid mit bloßem Auge nicht von Luft zu unterscheiden ist (farblos, transparent), wird den Schülern in eindrucksvollen Versuchen gezeigt, dass es sich bei dem „Brausetablettengas“ tatsächlich um einen anderen Stoff handelt. Im Gegensatz zu Luft hat es neben der erstickenden Wirkung auch eine größere Dichte. Für die Schüler wird diese Eigenschaft vereinfacht mit „Kohlendioxid ist schwerer als Luft“ beschrieben. In Anlehnung an die in der UE 3 „Luft begreifen“ eingeführten Merkmale von Gasen erfolgt die Einordnung von Kohlendioxid zu den gasförmigen Stoffen.

Darüber hinaus lernen die Schüler erstmals eine Methode des Stoffnachweises kennen. Sie erfahren, dass man das Vorhandensein von Kohlendioxid mittels Kalkwasser sicher belegen kann: Leitet man Kohlendioxid in das klare Kalkwasser ein, so färbt es sich milchig trüb. Dieses Kenntnis wird im nachfolgenden Unterricht angewandt, um Schülervermutungen hinsichtlich weiterer Vorkommen von Kohlendioxid zu überprüfen.



### **Zu 3) weitere Verwendung/ Vorkommen von Kohlendioxid**

Unter Nutzung des neu erworbenen Wissens führen die Schüler Erkundungen und Nachweise zu weiteren Vorkommen von Kohlendioxid durch, zum Beispiel:

- Kohlendioxid in ‚Sprudelgetränken‘ (Mineralwasser),
- Kohlendioxid in der Ausatemluft,
- Kohlendioxidfreisetzung aus Backpulver (Entstehung beim Kuchenbacken).

In der UE 8 „Feuer und Energieumwandlungen“ erfährt das Thema Kohlendioxid eine Wiederholung und Anwendung, z.B. im Zusammenhang mit dem Untersuchen gasförmiger Stoffe auf Brennbarkeit und beim Erkunden der Funktionsweise eines Kohlendioxid-Feuerlöschers.

### **Zu 4) Kohlendioxid „hat Kraft“ (Druck, Rückstoßprinzip).**

Im letzten Abschnitt dieser Unterrichtseinheit sollen die erarbeiteten Kenntnisse nochmals gefestigt werden. Aus der Vielzahl von möglichen und spannenden Experimenten mit Kohlendioxid wurden zwei bei den Kindern sehr beliebte Versuche ausgewählt: „Fotodosen-Rakete“ und „Silvesterknaller mit Brausetabletten“ (auch benannt als „Vitamin-Kanone“ oder „Brausetabletten-Kanone“).


Anhand dieser Versuche kann nochmals deutlich herausgestellt werden, dass auch gasförmige Stoffe - wie das hier entstehende Kohlendioxid - Platz beanspruchen und Kraft (Druck) ausüben. Am Beispiel der „Fotodosen-Rakete“ lässt sich den Schülern das Rückstoßprinzip erklären.


Ein gezielter Schwerpunkt dieser abschließenden Unterrichtssequenz ist das selbstständige Entwickeln und Planen von Versuchen. So erhalten die Schüler nach dem Anfertigen der „Fotodosen-Rakete“ die Aufgabe, zu überlegen, wie man die Rakete starten lassen könnte. Die beschriebenen oder gezeichneten Versuchsanleitungen werden gemeinsam ausprobiert.


### 5.4.3. Möglicher Unterrichtsverlauf

Die Beschreibung eines möglichen Unterrichtsverlaufs strukturiert sich in Form von Doppelstunden. Wesentliche Unterrichtsabschnitte werden zunächst in einer Tabelle dargestellt. Dabei werden folgende Abkürzungen benutzt: AM: Anschauungsmittel, EA: Einzelarbeit, GA: Gruppenarbeit, HA: Hausaufgabe, L: Lehrer, LD: Lehrerdemonstration, LDE: Lehrerdemonstrationsexperiment, LV: Lehrervortrag, PA: Partnerarbeit, S: Schüler, SB: Schülerarbeitsblatt, SDE: Schülerdemonstrationsexperiment, SE: Schülerexperiment, ST: Schülertätigkeit, UE: Unterrichtseinheit, UG: Unterrichtsgespräch.

Im Anschluss an jede Tabelle werden einzelne Unterrichtsabschnitte (mit \* markiert) detaillierter beschrieben, insbesondere die Durchführung von Experimenten und Erfahrungen aus der Unterrichtserprobung (gekennzeichnet durch: ► **Aus der Praxis:**).

1. Doppelstunde		
<b>Lerninhalte/ Lernziele:</b> <b>1) Entdecken eines neuen gasförmigen Stoffes beim Auflösen von Brausetabletten</b> Die Schüler sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfahren, dass beim Auflösen einer Brausetablette ein gasförmiger Stoff entsteht,</li> <li>• das entstehende „Brausetablettengas“ auffangen und untersuchen,</li> <li>• erkennen, dass es sich bei dem „Brausetablettengas“ nicht um Luft bzw. Sauerstoff handeln kann.</li> </ul> <b>2) Einführung von Kohlendioxid</b> Die Schüler sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissen, dass beim Auflösen einer Brausetablette das Gas Kohlendioxid entsteht,</li> <li>• Stoffeigenschaften von Kohlendioxid ermitteln und beschreiben,</li> <li>• den Nachweis von Kohlendioxid mit Kalkwasser kennen lernen.</li> </ul> <b>3) weitere Verwendung/ Vorkommen von Kohlendioxid</b> Die Schüler sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohlendioxid in anderen „Sprudelgetränken“ nachweisen.</li> </ul> <b>Wichtige Vorkenntnis:</b> Neben flüssigen und festen Stoffen existieren auch gasförmige Stoffe, z.B. Luft.		
Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Entdecken eines neuen Stoffes: Kohlendioxid</b> 1.1. Problemgewinnung *  <u>Problemfrage:</u> „Was befindet sich im Luftballon auf der Flasche?“	forschend-entwickelnd:  - Motivation mittels Alltagsphänomen, z.B.: „Warum sprudelt es beim Auflösen einer Brausetablette?“  - Veranschaulichen des Phänomens im SE (Auflösen von Brausetabletten und Auffangen des „Brausetablettengases“ in einem Luftballon)  - S zeichnen Beobachtungen auf dem SB ein.  - Ableiten einer konkreten Problemfrage durch den L	SE (GA), siehe SB S. 37 „Warum sprudelt es beim Auflösen einer Brausetablette?“, Aufgabe 1  SB S. 37, Aufgabe 2  

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p>1.2. Aufstellen von Vermutungen</p> <p>Überprüfen der Vermutung durch ein Experiment</p> <p>1.3. Durchführen des Experimentes *</p> <p>1.4. Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse</p> <p><u>Problemlösung</u></p>	<p>- S notieren ihre Vermutungen auf dem SB.</p> <p>- Zusammentragen der Vermutungen</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b> <u>Schülervermutung</u> „Luft/ Sauerstoff“</p> <p><u>Sichern der Lernvoraussetzung „Eine Kerze braucht zum Brennen Luft.“:</u></p> <p>- Durchführen des LDE, - Beschreiben und Erklären der Beobachtung im UG: „Die Kerze kann weiter brennen, da sich in dem Glas und über der Öffnung des Glases Luft befindet. Luft ist zum Brennen notwendig.“</p> <p>- S führen nach Anleitung auf dem SB das Experiment durch (vorab Absprechen der Aufgabenverteilung in der Gruppe).</p> <p>- S zeichnen Beobachtungen auf dem SB ein.</p> <p>- S ziehen aus den Beobachtungen Schlussfolgerungen und überprüfen ihre Vermutung: „In dem Luftballon kann keine Luft gewesen sein, da die Kerzenflamme im Glas erstickt ist. Die Vermutung hat sich nicht bestätigt.“</p> <p>- L führt Stoffname „Kohlendioxid“ ein.</p>	<p>SB S. 38 „Warum sprudelt es beim Auflösen einer Brause-tablette?“, Aufgabe 3</p> <p>LDE: L hält/ hängt eine brennende Kerze (auf gebogenem Draht) in ein offenes Glas.</p>  <p>SE (GA), siehe SB S. 38 „Warum sprudelt es beim Auflösen einer Brausetablette?“, Aufgabe 4</p> <p>SB S. 38, Aufgabe 5</p> <p>SB S. 38, Aufgabe 6</p>
<p><b>2. Stoffeigenschaften von Kohlendioxid</b></p> <p>2.1. Farbe, Transparenz, Geruch von Kohlendioxid und Wirkung auf Feuer</p> <p>2.2. „Ist Kohlendioxid leichter oder schwerer als Luft?“ *</p>	<p><u>UG und/ oder ST (EA):</u></p> <p>- S füllen Steckbrief auf dem SB aus, - mögliche Fragen/ Unsicherheiten: „Ist Kohlendioxid leichter oder schwerer als Luft?“, „Welchen Aggregatzustand hat Kohlendioxid?“</p> <p>- S äußern und begründen ihre Vermutung (Nutzen bisheriger Versuchsbeobachtungen: Umfüllen des Stoffes vom Luftballon ins Glas). - S planen ein Experiment zur Überprüfung der Vermutung (siehe SB). - gemeinsames Durchführen einiger Experimente - S ziehen aus den Beobachtungen die entsprechende Schlussfolgerung: „Kohlendioxid ist schwerer als Luft.“</p>	<p>SB S. 39 „Warum sprudelt es beim Auflösen einer Brause-tablette?“, Aufgabe 7</p> <p>SB S. 39, Aufgabe 8</p> <p>SE/ LDE</p>

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
2.3. „Welchen Aggregatzustand hat Kohlendioxid?“ *	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S äußern und begründen ihre Vermutung (Nutzen bisheriger Versuchsbeobachtungen, z.B. gleichmäßiges Ausfüllen des Luftballons, pneumatisches Auffangen von Kohlendioxid).</li> <li>- Veranschaulichen, dass Kohlendioxid ein Gas ist (Es passt sich der Gefäßform an, verteilt sich gleichmäßig in dem zur Verfügung stehenden Raum.)</li> <li>- S ziehen aus den Beobachtungen die entsprechende Schlussfolgerung: „Kohlendioxid ist gasförmig.“</li> </ul>	<p>LDE: Auffangen von Kohlendioxid in einem Gummihandschuh</p> 
2.4. Zusammenfassen der Stoffeigenschaften	<p><u>Wiederholung:</u> UG und/ oder ST (EA)</p>	<p>SB S. 39 „Warum sprudelt es beim Auflösen einer Brausetablette?“, Aufgabe 7</p>
3. Wissenssicherung *	<p><u>Wiederholung/ Festigung, UG:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgreifen der Einstiegsfrage „Warum sprudelt es beim Auflösen einer Brausetablette?“,</li> <li>- S beschreiben und erklären einzelne Beobachtungen/ Vorgänge.</li> </ul>	
<p>4. „Wo kommt Kohlendioxid noch vor?“</p> <p>4.1. Kohlendioxid lässt sich mit Kalkwasser nachweisen *</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführen des Kohlendioxid-Nachweises am Beispiel des „Brausetablettengases“ durch den L</li> <li>- Herausstellen, dass nur Kohlendioxid Kalkwasser milchig trüb färbt (Einleiten von Zimmerluft in Kalkwasser, Vergleichen der Beobachtungsergebnisse)</li> <li>- S lesen Informationstext und ergänzen Lückentext auf dem SB.</li> </ul>	<p>LDE mit ST</p> <p>LDE mit ST</p> <p>SB S. 40 „Wo kommt Kohlendioxid noch vor?“, Aufgabe 1</p>
4.2. Nachweis von Kohlendioxid in anderen „Sprudelgetränken“ *	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S planen ein Experiment zum Nachweis von Kohlendioxid in „Sprudelgetränken“ (siehe SB).</li> <li>- Durchführen von Experimenten</li> <li>- S werten Beobachtungen aus: „In Getränken, wie z.B. Mineralwasser, Cola, Brause oder Schorle wird das Sprudeln ebenfalls durch Kohlendioxid verursacht.“</li> </ul>	<p>SB S. 40, Aufgabe 2</p> <p>LDE mit ST/ SE (GA)</p>

### Zu 1.1. Problemgewinnung

#### Materialien

pro Gruppe:

- leere durchsichtige Flasche (z.B. kleine Getränkeflasche aus Glas),
- 3 Brausetabletten,
- Luftballon,
- Kannchen Wasser. (Bild 1)



#### Durchführung

siehe SB S. 37 „Was verursacht das Sprudeln beim Auflösen einer Brausetablette?“, Aufgabe 1

Die Brausetabletten werden zerkleinert und in die Flasche getan. Anschließend wird die Flasche zu ca. einem Drittel mit Wasser gefüllt. Über die Flaschenöffnung wird zügig ein Luftballon gestülpt.

#### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung hat es sich bewährt, vorab die Aufgaben auf einzelne Gruppenmitglieder zu verteilen. Das Überstülpen des Luftballons sollte z.B. vorher von einem Schüler mehrmals geübt werden. Dabei sollte die Flasche von einem weiteren Schüler festgehalten werden.

#### Beobachtung

Es entsteht eine farbige Flüssigkeit. Es bilden sich geräuschvoll Bläschen, die nach oben steigen und an der Oberfläche platzen. Der Luftballon auf der Flasche weitet/ füllt sich.



### Zu 1.3. Durchführen des Experimentes

#### Materialien

pro Gruppe:

- Drahtkerze (Kerze auf gebogenem Draht, Bild 1),
- gefüllter Luftballon aus dem vorangegangenen Versuch (Bild 2),
- etwas höheres Glas, z.B. Einweckglas,
- Feueranzünder.



#### Durchführung

siehe SB S. 38 „Was verursacht das Sprudeln beim Auflösen einer Brausetablette?“, Aufgabe 4

Die Öffnung des Luftballons auf der Flasche wird eingedreht (Bild 3). Nun wird der Luftballon von der Flasche gelöst, wobei die Öffnung des Ballons mit den Fingern zugehalten wird. Den Inhalt des Luftballons lässt man vorsichtig in ein Glas strömen (Bild 4). Die Kerze wird entzündet und am Draht in das Glas gehalten (Bild 5). Der „Kerzenlöschversuch“ kann mehrmals wiederholt werden, so dass jeder Schüler aus der Gruppe ihn einmal durchführt hat.

#### Beobachtung

Wird die Kerze ins Glas gehalten, so erlischt die Flamme augenblicklich (Bild 5).





### ► Aus der Praxis:

#### spontane Schülerfragen

„Warum ist das Kohlendioxid eigentlich im Glas geblieben?“

„Der Versuch geht doch auch mit Backpulver, oder?“

„Können wir auch mal den Versuch machen, wo eine Kerze im Glas ist und dann kippt man Kohlendioxid mit einem anderen Glas drüber?“

„Ist das in meiner Apfelschorle auch Kohlendioxid?“

Alle Schülerfragen können im nachfolgenden Unterricht beantwortet werden.

#### Fachliche Hinweise:

Eine Brausetablette enthält als Stoffgemisch verschiedene Zutaten, z.B. Säuerungsmittel (Zitronensäure), Natriumhydrogencarbonat (Natron), Fruchtzucker, Stärke, Farbstoff Rote-Beete-Extrakt, verschiedene Vitamine, Aroma, ....

Zitronensäure und Natron sind die Inhaltsstoffe, die das Sprudeln beim Lösen einer Brausetablette in Wasser verursachen. Werden diese Stoffe in Wasser gelöst, so entsteht eine sprudelnde Salzlösung. Das Aufbrausen der Lösung wird durch entweichendes Kohlendioxid bewirkt.



### zu 2.2. „Ist Kohlendioxid leichter oder schwerer als Luft?“

Die folgend beschriebenen Experimente können den Schülern veranschaulichen, dass Kohlendioxid schwerer ist als Luft.

#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Fachlich korrekt wäre die Bezeichnung „Kohlendioxid hat eine größere Dichte als Luft.“ Da die Schüler die Dichte als zusammengesetzte Größe aus Masse und Volumen jedoch noch nicht kennen, werden vereinfacht die Begriffe „leichter“ bzw. „schwerer“ verwendet.

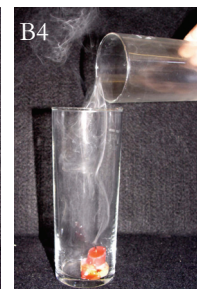
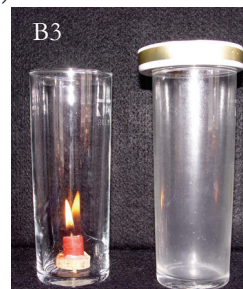
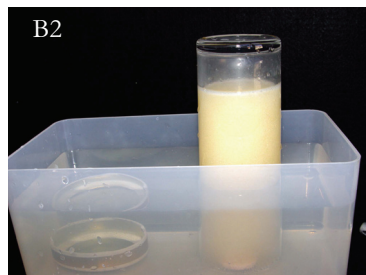
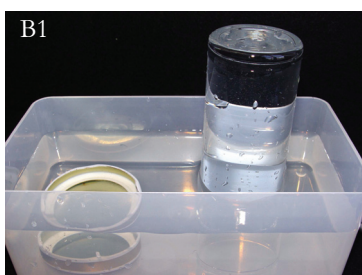
#### Materialien (Variante a)

pro Klasse:

- größeres, durchsichtiges Gefäß als Wanne (z.B. Kunststoffverpackung), mit Wasser gefüllt,
- zwei höhere, schmale Gläser (z.B. Trinkgläser) und ein Deckel für ein Glas,
- 1 Kerze,
- Feueranzünder,
- 1 bis 2 Brausetabletten.

#### Durchführung (Variante a)

Ein Glas wird in die mit Wasser gefüllte Wanne gelegt. Das Glas muss vollständig untertauchen, so dass es sich ganz mit Wasser füllt. Anschließend wird dieses Glas mit der Öffnung nach unten in der Wanne aufgestellt (Bild 1). Der Deckel zum Verschließen der Glasöffnung wird schon vorbereitend in die Wanne neben das Glas gelegt. Nun werden ein bis zwei Brausetabletten unter die Öffnung geschoben (Bild 2). Ist das Glas vollständig mit Kohlendioxid gefüllt, wird die Öffnung des Glases in der Wanne mit dem Deckel zugehalten, herausgenommen und abgedeckt auf den Tisch gestellt (Bild 4). Nun wird die Kerze in dem zweiten Glas angezündet. Das Glas mit Kohlendioxid wird über der Kerze „ausgegossen“ (Bild 4).



### Beobachtung und Auswertung (Variante a)

Es sprudelt im Glas, weil Kohlendioxid entsteht. Der Wasserspiegel im Glas sinkt. Das Wasser wird vom Kohlendioxid verdrängt (Bild 2). Erscheinen in der Wanne bzw. außerhalb des Glases Bläschen, ist das Glas vollständig mit Kohlendioxid gefüllt. Weiteres Kohlendioxid hat im Glas keinen Platz mehr und dringt nach außen.

Die Kerzenflamme erlischt (Bild 4). Kohlendioxid konnte „ausgegossen“ werden. Es muss demzufolge schwerer sein als Luft. Da Kohlendioxid farblos und durchsichtig ist, bleibt das Umfüllen des Stoffes an sich unsichtbar.

### Materialien (Variante b)

pro Klasse:

- Flasche,
- 3 bis 6 Brausetabletten,
- Kannchen Wasser,
- zwei Luftballons unterschiedlicher Farbe,
- Luftballonpumpe.

### Durchführung (Variante b)

Ein Ballon wird mittels Luftballonpumpe mit Luft gefüllt (Bild 5). Ein anders farbiger Ballon wird mit Kohlendioxid gefüllt, möglichst in der gleichen Größe wie der erste Ballon. Beide Ballons werden zugeknötet und von zwei Schülern gleichzeitig aus gleicher Höhe fallengelassen (Bild 6).

### Beobachtung und Auswertung (Variante b)

Der mit Kohlendioxid gefüllte Ballon (rot) ist schneller auf der Erde (Bild 7). Kohlendioxid ist schwerer als Luft.



### Zu 2.3. „Welchen Aggregatzustand hat Kohlendioxid?“

Phänomenologisch soll den Schülern verdeutlicht werden, dass Kohlendioxid sich als Gas gleichmäßig in dem zur Verfügung stehendem Raum verteilt.

#### Materialien

pro Klasse:

- Brausetabletten,
- Kännchen Wasser,
- Gummihandschuh,
- Glas mit passender Öffnung für den Handschuh. (Bild 1)

#### Durchführung

Im Einweckglas werden einige Brausetabletten in Wasser gelöst. Anschließend wird der Gummihandschuh zügig über die Öffnung des Glases gestülpt.

#### Beobachtung

Der Gummihandschuh weitet sich, so dass man seine Form erkennen kann. Das Kohlendioxid breitet sich gleichmäßig aus und passt sich dabei der Form des Handschuhs an (Bilder 2 bis 4). Kohlendioxid ist ein gasförmiger Stoff. (Alternativ kann der Versuch mit Flaschen und verschieden geformten Luftballons durchgeführt werden.)



#### Ergänzung

In der UE 3 „Luft begreifen“ haben die Schüler erfahren, dass sich Luft als Gas komprimieren lässt. Diese besondere Eigenschaft gasförmiger Stoffe kann nun an einem weiteren Beispiel verdeutlicht werden: Eine Spritze wird mit Kohlendioxid aufgezogen. Anschließend wird versucht, den Kolben bei geschlossener Spritzenöffnung hineinzudrücken.

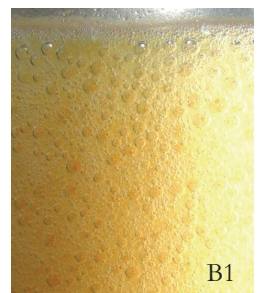
## Zu 3. Wissenssicherung

Damit die Schüler die Einstiegsfrage „Warum sprudelt es beim Auflösen einer Brausetablette?“ beantworten können, empfiehlt es sich, die einzelnen Beobachtungen bzw. Vorgänge beim Auflösen einer Brausetablette schrittweise beschreiben und erklären zu lassen.

- Beim Auflösen der Brausetablette in Wasser bildet sich Kohlendioxid.
- Kohlendioxid ist ein gasförmiger Stoff, der Platz braucht: Es bildet in der Flüssigkeit Bläschen (Bild 1).
- Die Bläschen platzen an der Flüssigkeitsoberfläche.
- Das Kohlendioxid aus den Bläschen verteilt sich, z.B. im Raum, in der Flasche, im Einweckglas, im Luftballon, im Gummihandschuh.
- Da Kohlendioxid farblos und durchsichtig ist, kann man es nicht sehen.

Zusammengefasst könnte die Frage folgendermaßen beantwortet werden:

Die Bläschenbildung durch Kohlendioxid und das Platzen der Bläschen verursacht das Sprudeln.



B1



### ► Aus der Praxis:

Diese Festigung ist aus folgendem Grund sinnvoll. In der Unterrichtserprobung wurde in der UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“ zum Thema Kohlendioxid-Feuerlöscher folgende Wiederholungsaufgabe gestellt: Den Schülern wurden zwei gleichgroße Luftballons gezeigt. Ein Ballon war mit Luft, der andere mit Kohlendioxid gefüllt. Die Schüler sollten ein Experiment planen, wie man herausfinden kann, in welchem Ballon sich welcher Stoff befindet. Unter anderem behaupteten mehrere Schüler, dass man sogar sehen könnte, in welchem Luftballon Kohlendioxid enthalten ist.

S: „In diesem Ballon ist Kohlendioxid, weil man da noch die kleinen Kohlendioxidbläschen drin erkennen kann, wenn man ganz genau reinschaut.“

Dieses Beispiel verdeutlicht, dass Schülervorstellungen (Fehlvorstellungen) auch die Wahrnehmung beeinflussen können.

In einem anderen Zusammenhang tauchte eine weitere Schüleräußerung auf, die Anlass für eine Wiederholung und Vertiefung gab:

S: „Die Bläschen bestehen aus der Brause von Brausetabletten. Deshalb sprudeln sie auch.“

Wiederholung/ Vertiefung im UG:

L: macht vor den Schülern Seifenblasen, fertigt eine Skizze an der Tafel an (Bild 2)

„Woraus bestehen eigentlich Blasen, z.B. diese Seifenblasen?“

S1: „Außen, also drumherum ist eine Wasserhülle und in der Blase ist Luft.“

L: „Und woraus bestehen die Blasen, die entstehen, wenn wir Brausetabletten in Wasser geben?“

S2: „Na da ist Kohlendioxid in den Bläschen drin. Und außen auch wieder das Wasser oder die flüssige Brause.“

L: „Was passiert mit diesen Bläschen, wenn sie an die Oberfläche steigen?“

S2: „Sie platzen.“

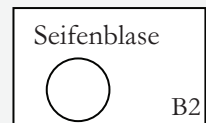
L: „Und was geschieht mit dem Kohlendioxid in den Bläschen?“

S2: „Das geht nach oben in die Flasche rein und steigt dann weiter hoch in den Luftballon.“

L: „Was befindet sich im Ballon?“

S2: „Ja, nur das Kohlendioxid und keine Bläschen, weil die sind ja schon vorher geplatzt.“

Eine weitere Möglichkeit, den Schülern zu zeigen, dass sich im Luftballon keine Kohlendioxidbläschen befinden, bietet die Nutzung farbloser und transparenter Luftballons (z.B. „Crystal Ballons Diamantklar“, Bild 3).



Wiederholung/ Vertiefung mithilfe eines zusätzlichen Versuches:

Auf Vorschlag eines Schülers wurden Seifenblasen mit Kohlendioxid gemacht (Bild 4). An diesem Beispiel konnten die Begriffe Körper und Stoff angewendet werden: Die Seifenblase ist ein Körper bzw. Gegenstand, bestehend aus zwei Stoffen. Das „Seifenwasser“ bildet die Hülle. Kohlendioxid befindet sich im Innern der Blase und füllt sie aus. Das Kohlendioxid selbst ist farblos und durchsichtig.



#### zu 4.1. Kohlendioxid lässt sich mit Kalkwasser nachweisen.

Das Kalkwasser kann vom Lehrer auf einfache Weise selbst hergestellt werden.

##### Materialien

für die Vorbereitung:

- 2 größere Gläser, ein Glas mit Deckel (z.B. Einweckgläser),
- Zement bzw. Mörtel (z.B. Blitzzement aus dem Baumarkt),
- Trichter,
- Kaffeefilter,
- Esslöffel.

##### Vorbereitung

Herstellung von Kalkwasser (Zementwasser):

Ein Esslöffel Blitzzement wird in ein größeres Glas gegeben und mit ca. 250 ml Wasser aufgefüllt. Nach kräftigem Umrühren (mindestens 1 Minute lang) lässt man die Aufschlämmung stehen. Wenn sich die groben Anteile abgesetzt haben, gießt man die überstehende Lösung durch zwei in einem Trichter übereinander gelegte Kaffeefilter. Das klare, farblose Filtrat (Kalkwasser) lässt man in das zweite Glas tropfen. Anschließend wird das Glas fest verschlossen und deutlich gekennzeichnet. (Ist das Filtrat nicht farblos und durchsichtig, wird der Filtriervorgang wiederholt.)



B1



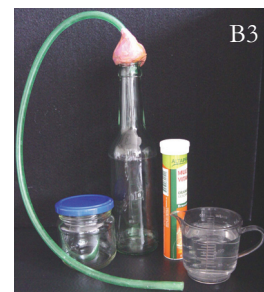
B2

Zur Durchführung des Kohlendioxid-Nachweises werden zwei Varianten vorgestellt.

##### Materialien (Variante a)

pro Klasse/ Gruppe:

- mehrere Brausetabletten,
- Kännchen Wasser,
- Flasche (z.B. Getränkeflasche aus Glas),
- Gefäß mit Kalkwasser (z.B. Trink- oder Einweckglas, „Schnapsbecher“ aus Glas oder Kunststoff),
- eventuell Aluminiumfolie zum Abdecken der Glasöffnung („Spritzschutz“),
- Gummischlauch (z.B. aus dem Baumarkt) oder Trinkhalm,
- Knete als passgerechtes Verbindungsstück für Flaschenöffnung und Gummischlauch. (Bild 3)



B3

##### Durchführung (Variante a)

In ein kleines Gefäß wird etwas Kalkwasser gefüllt. Mit Brausetabletten und Wasser wird in einer Flasche Kohlendioxid hergestellt. Das Schlauchende mit dem Knetstück wird zügig auf die Flaschenöffnung gesetzt. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Verbindung dicht abgeschlossen ist, damit kein Kohlendioxid nach außen entweicht. Das andere Ende wird direkt in das Kalkwasser gehalten (Bild 4).



B4



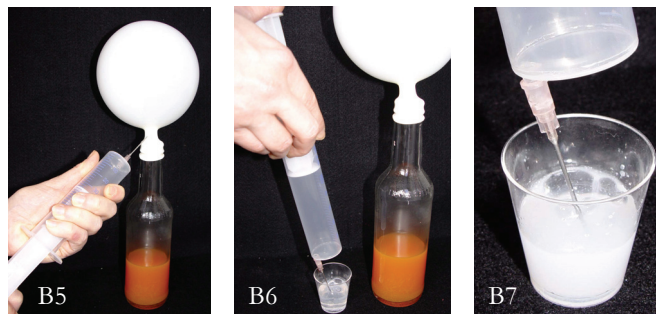
### Materialien (Variante b)

pro Klasse/ Gruppe:

- siehe Variante a),
- statt Gummischlauch mit Knete: Spritze mit Kanüle (in der Apotheke erhältlich) und Luftballon.

### Durchführung (Variante b)

Mit Brausetabletten und Wasser wird in einer Flasche Kohlendioxid hergestellt. Die Flaschenöffnung wird mit einem Luftballon verschlossen. Die Kanüle der Spritze wird vorsichtig in den Bereich des Ballons gestochen, der nicht so stark unter Spannung steht. Durch Aufziehen der Spritze wird etwas aus dem Inhalt des Ballons entnommen und anschließend in das Kalkwasser eingeleitet.



### Beobachtung (Variante a und b)

Es ‚blubbert‘ und man sieht Bläschen. Nach kurzer Zeit färbt sich das Kalkwasser weiß: Es bildet sich ein weißer bzw. milchig trüber Niederschlag.

### Fachliche Hinweise:

Zement und Mörtel enthalten als einen wichtigen Bestandteil Calciumhydroxid. In Wasser löst es sich teilweise und bildet Kalkwasser (Calciumhydroxidlösung). Die Gefahr von Verätzungen auf der Haut ist gering, da sich Calciumhydroxid nur in geringer Konzentration in Wasser löst. Bei Kontakt mit den Augen, sind diese jedoch sofort auszuspülen!

Leitet man Kohlendioxid in das Kalkwasser ein, so entsteht durch Bildung eines schwer löslichen Salzes (Calciumcarbonat) ein weißer/milchig trüber Niederschlag:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Achtung! Wird sehr viel Kohlendioxid in das Kalkwasser eingeleitet bzw. zu dem Calciumcarbonat weiter Kohlendioxid gegeben, so löst sich die Trübung wieder auf, denn gut lösliches Calciumhydrogencarbonat ist entstanden:  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2$

Um herauszustellen, dass nur Kohlendioxid Kalkwasser milchig trüb färbt, wird zum Vergleich Zimmerluft in Kalkwasser eingeleitet.

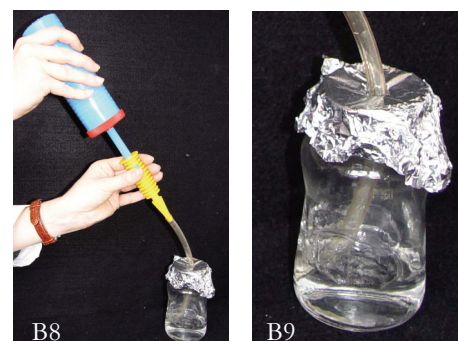
### Materialien

pro Klasse/ pro Gruppe:

- Gefäß mit Kalkwasser (z.B. Einweckglas),
- Alufolie zum Abdecken der Glasöffnung („Spritzschutz“),
- Luftballonpumpe,
- Schlauchstück zum Einleiten.

### Durchführung

Etwas Kalkwasser wird in zweites Gefäß gefüllt. Der Gummischlauch wird fest auf die Öffnung der Luftballonpumpe gesteckt. (Knete ist in der Regel nicht notwendig.) Das andere Ende des Schlauches wird in das Kalkwasser getaucht. Mit der Luftpumpe wird vorsichtig Luft eingeleitet. Vorsicht! Es soll kein Kalkwasser herausspritzen. Man kann die Glasöffnung z.B. mit Alufolie abdecken und mit dem Schlauch vorsichtig ein Loch hineindrücken.



### Beobachtung

Es ‚blubbert‘ und man sieht Blasen (Luftblasen). Auch nach längerem Einleiten von Zimmerluft bleibt das Kalkwasser klar.

(Alternativ kann wie in der vorangehenden Versuchsbeschreibung eine Spritze benutzt werden. Sie wird mit Luft aufgezogen. Anschließend wird die Luft in Kalkwasser eingeleitet.)

## Zu 4.2. Nachweis von Kohlendioxid in anderen „Sprudelgetränken“

Die Schüler erhalten die Aufgabe, selbstständig ein Experiment zu planen, um zu überprüfen, ob Kohlendioxid auch für das Sprudeln in anderen Getränken verantwortlich ist.

### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung zeigte es sich, dass es einigen Schüler sehr schwer fällt, Versuche selbst zu planen und Vorgehensweisen zu beschreiben. Im Unterrichtsgespräch schlugen die Schüler spontan zwei Möglichkeiten vor:

S1: „Wir können das mit der Kerze löschen machen.“

S2: „Wieder mit Kalkwasser.“

L: „Beschreibt genau die Durchführung des Experimentes!“

Neben sinnvollen Schülerideen und -planungen, unterbreiteten jedoch auch mehrere Schüler unabhängig voneinander diesen Vorschlag: „Wir müssen eine Brausetablette in das Sprudelwasser/ in normales Wasser geben und dann den Schlauch wieder raufstecken und dann in das Kalkwasser reinmachen.“

In diesem Fall war es also notwendig, die Problem- bzw. Aufgabenstellung nochmals genau zu besprechen: „Was wollen wir eigentlich herausfinden? Wie müssten wir dann das Experiment durchführen?“ Anschließend gelang es den Schülern, eine logische Vorgehensweise zu beschreiben.

Insofern kann die Aufgabe auf dem Schülerblatt (SB S. 40 „Was verursacht das Sprudeln beim Auflösen einer Brausetablette?“, Aufgabe 2) dem Lehrer auch Aufschluss darüber geben, ob und welche Verstehensprobleme möglicherweise bei den Schülern vorhanden sind.

### Materialien

pro Klasse/ pro Gruppe:

- Gefäße zum Abfüllen von Kalkwasser,
- kohlenensäurehaltige Getränke, z.B. Mineralwasser, Brause, Cola, Apfelschorle,
- Schlauch mit Knete als Verbindungsstück für die Flaschenöffnung.

### Durchführung

Etwas Kalkwasser wird in ein Gefäß gefüllt. Aus einer noch „frischen“ Getränkeflasche mit einem kohlenensäurehaltigen Getränk wird etwa ein Viertel abgegossen. Der Gummischlauch wird mit der Knete fest auf die Flaschenöffnung gesteckt. Das andere Ende des Schlauches wird in das Kalkwasser getaucht. Nun wird die Flasche geschüttelt, so dass die Flüssigkeit sprudelt und im Kalkwasser Bläschen sichtbar werden.



### Beobachtung

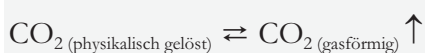
Es „blubbert“ und man sieht Blasen. Nach kurzer Zeit färbt sich das Kalkwasser milchig trüb.

### Ergänzung

Der Versuch wird wiederholt. Das Schlauchende wird über ein brennendes Teelicht gehalten, das in einem offenen Glas steht. Achtung! Der Gummischlauch soll nicht in die Flamme gehalten werden. Die Kerze erlischt.

### Fachliche Hinweise:

Viele Erfrischungsgetränke enthalten unter Druck physikalisch gelöstes Kohlendioxid. Nur etwa 0,1 % des gelösten Kohlendioxids reagiert mit Wasser zu Kohlensäure (schwache Säure):  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ . Die Löslichkeit von Kohlendioxid in Wasser ist abhängig vom Druck und von der Temperatur.



Eine Druckabnahme oder eine Temperaturerhöhung verringern die Löslichkeit von Kohlendioxid in Wasser. Öffnet man z.B. eine Mineralwasserflasche, so verringert man den Druck und das Gas Kohlendioxid entweicht zischend und sprudelnd aus dem Getränk.

## 2. Doppelstunde

### Lerninhalte/Lernziele:

#### 3) weitere Verwendung/ Vorkommen von Kohlendioxid

Die Schüler sollen

- erfahren, dass Kohlendioxid aus Backpulver freigesetzt wird (bei Zugabe von Wasser bzw. bei Hitze) und für das Entstehen der Löcher im Kuchen verantwortlich ist (Teiglockerung),
- erfahren und nachweisen, dass sich in der Ausatemluft Kohlendioxid befindet.


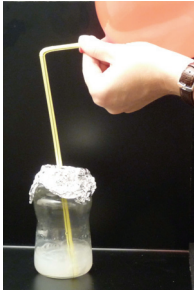
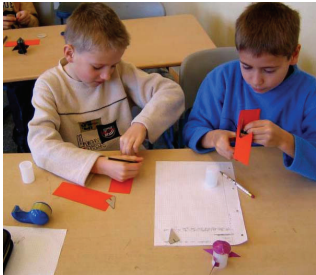
#### 4) Kohlendioxid „hat Kraft“ (Druck, Rückstoßprinzip).

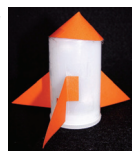
Die Schüler sollen

- Ideen entwickeln, Versuche planen und ausprobieren, wie man eine selbst angefertigte „Fotodosen-Rakete“ zum Starten bringen kann,
- am Beispiel von Kohlendioxid ihr bisheriges Wissen zu gasförmigen Stoffen festigen (Kohlendioxid beansprucht Platz),
- am Beispiel von Kohlendioxid erfahren, dass komprimierte gasförmige Stoffe einen starken Druck ausüben können.

**Wichtige Vorkenntnis:** Gasförmige Stoffe beanspruchen Platz.

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p><b>1. Kohlendioxid macht den Teig locker.</b></p> <p>1.1. Problemgewinnung *</p> <p><u>Problemfrage:</u> „Wodurch entstehen die Bläschen?“/ „Was befindet sich in den Bläschen?“</p> <p>1.2. Aufstellen von Vermutungen</p> <p>Überprüfen der Vermutung durch ein Experiment</p> <p>1.3. Durchführen des Experimentes *</p>	<p>forschend-entwickelnd:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Motivation mittels Alltagsphänomen, z.B.: „Warum geht der Kuchenteig auf?“/ „Wie kommen die Löcher in den Kuchen?“</li> <li>- Sichtbarmachen der Gasentstehung bei Zugabe von Wasser zu Backpulver (Aufschäumen, Bläschenbildung)</li> <li>- S bzw. L leiten aus Beobachtungen konkrete Problemfrage ab.</li> <li>- S äußern und begründen ihre Vermutung auf Grundlage bisheriger Erkenntnisse.</li> </ul> <p>► <b>Aus der Praxis:</b> <u>Schülervermutung</u> „Das ist wahrscheinlich wieder Kohlendioxid, weil die Flamme ausgegangen ist.“ (Beobachtung aus dem SE, siehe 1.1.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planen eines Experimentes zur Überprüfung der Vermutung, UG</li> <li>- Überprüfen der Vermutung durch Einleiten des Stoffes in Kalkwasser</li> </ul>	<p>Stück Kuchen</p>  <p>SE (GA):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zugabe von Wasser zu Backpulver,</li> <li>- Einführen eines brennenden Holzspans.</li> </ul>  <p>LDE/ SE (GA)</p> 

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p>1.4. Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse</p> <p><u>Problemlösung</u></p> <p>1.5. Wissenssicherung *</p>	<p>- S ziehen aus den Beobachtungen die entsprechende Schlussfolgerung: „Die Vermutung hat sich bestätigt. Gibt man Wasser zu Backpulver, so bildet sich Kohlendioxid. Das verursacht die Bläschenbildung.“</p> <p><u>Anwendung:</u> Nutzen der neu gewonnen Erkenntnisse, um die Einstiegsfrage zu beantworten: „Warum geht der Kuchenteig auf?“/ „Wie kommen die Löcher in den Kuchen?“</p> <p><u>Zusatzinformation durch den L:</u> „Kohlendioxid kann auch bei Einwirkung von Wärme aus Backpulver freigesetzt werden. Das ist z.B. während des Backvorganges im Ofen.“</p> <p><u>Erkenntnis:</u> Als gasförmiger Stoff bahnt sich Kohlendioxid seinen Weg durch den Kuchenteig. Dabei bläht der Kuchen auf und wird locker.</p>	<p>Stück Kuchen</p>  <p><u>Ergänzungsexperiment:</u> LDE, Erhitzen von Backpulver und Nachweisen von Kohlendioxid</p>
<p><b>2. Nachweis von Kohlendioxid in der Ausatemluft *</b></p>	<p>- mögliche Problematisierung durch L, z.B.: „Warum sollten Räume regelmäßig gelüftet werden?“/ „Was bedeutet ‚stickige‘ oder ‚verbrauchte‘ Luft?“</p> <p>- Nachweisen von Kohlendioxid in der Ausatemluft</p> <p><u>Anknüpfungspunkte:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ermüdende, erstickende Wirkung von Kohlendioxid auf den Menschen (Gesundheitserziehung, Räume regelmäßig lüften),</li> <li>- Atmung und Ernährung des Menschen,</li> <li>- Bedeutung der Pflanzen auf der Erde (Kohlendioxidaufnahme und Sauerstoffproduktion durch Photosynthese).</li> </ul>	<p>LDE mit ST/ SE (GA)</p> 
<p><b>3. Raketenstart mit Kohlendioxid</b></p> <p>3.1. Anfertigen einer Fotodosen-Rakete</p>	<p>- S fertigen nach Anleitung auf dem SB eine Fotodosen-Rakete an.</p> <p>(mögliche Zeiteinsparung durch Anfertigen und Austeilen von Schablonen durch den L)</p>	<p>SB S. 41 „Die Fotodosen-Rakete“, Aufgabe 1</p> 

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
3.2. „Wie kann man die Rakete zum Starten bringen?“ *	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S entwickeln Ideen/ planen Experimente, siehe SB.</li> <li>- Vorstellen und Ausprobieren von Schülerideen</li> </ul>	SB S. 42 „Die Fotodosen-Rakete“, Aufgabe 2 
<b>4. Silvesterknaller mit Brausetabletten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durchführen des Experimentes nach vorgegebener Anleitung auf SB</li> </ul> <p><u>Wiederholung/ Anwendung:</u> S erklären auf dem SB die Beobachtungen.</p>	SE (GA)/ LDE mit ST SB S. 43 „Silvesterknaller mit Brausetabletten“, Aufgabe 1  SB S. 43, Aufgabe 2



### Zu 1.1. Problemgewinnung

#### Materialien

pro Gruppe:

- etwas höheres Glas (z.B. Trinkglas oder Einweckglas),
- Backpulver (Bild 1),
- Teelöffel,
- Kannchen Wasser,
- Kerze auf gebogenem Draht als Halterung oder Holzspan (z.B. Schaschlikspieße),
- Feueranzünder.



#### Durchführung

Ein Teelöffel Backpulver wird in das Glas gegeben (Bild 2). Nun gießt man etwas Wasser auf das Backpulver. Nach kurzer Zeit wird eine brennende Kerze bzw. ein brennender Holzspan in das Glas gehalten (Bild 3)

#### Beobachtung

Nach Zugabe von Wasser erfolgt eine starke Bläschenbildung. Die Flamme erlischt im Glas (Bild 4).



### Zu 1.3. Durchführen des Experimentes

#### Materialien

pro Klasse/ Gruppe:

- Glas mit Backpulver und Wasser aus dem vorangegangenen Versuch (in der Zwischenzeit abdecken bzw. neu ansetzen),
- Gefäß mit Kalkwasser,
- Spritze (mit oder ohne Kanüle).

#### Durchführung

In das Glas aus dem vorangegangenen Versuch wird eine Spritze eingeführt. Durch vollständiges Aufziehen der Spritze wird eine Probe des nicht sichtbaren Gases entnommen und anschließend in Kalkwasser eingeleitet.

#### Beobachtung

Im Kalkwasser erscheinen Bläschen. Es färbt sich milchig trüb (Bild 1).



### Zu 1.5. Wissenssicherung

#### Materialien

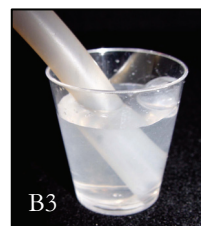
pro Klasse:

- Kalkwasser in einem Gefäß,
- kleines Reagenzglas,
- Reagenzglashalter oder Wäscheklammer,
- Schlauchstück zum Einleiten in Kalkwasser,
- Kerze,
- Feueranzünder,
- Backpulver (Bild 1).



### Durchführung

In das Reagenzglas wird etwas Backpulver gefüllt. Anschließend steckt man das Schlauchstück fest in die Öffnung des Reagenzglases. Gegebenfalls muss die Verbindung abgedichtet werden, z.B. mit Knete. Nun wird das Backpulver im Reagenzglas mithilfe einer Kerzenflamme erhitzt. Das freie Schlauchende wird in das Kalkwasser eingetaucht.



### Beobachtung

In dem Kalkwasser bilden sich Bläschen. Nach kurzer Zeit färbt es sich milchig trüb.

### Fachliche Hinweise:

Backpulver besteht in der Regel aus 3 Komponenten:

- Natriumhydrogencarbonat (Natron),
- Säuerungsmittel (z.B. Wein- oder Zitronensäure bzw. deren Salze) oder saure Phosphate,
- Trennmittel (z.B. Stärke, Weizenmehl), das dafür sorgt, dass Natron und Säure bzw. Phosphate nicht bereits in der Backpulverpackung miteinander reagieren.

Gibt man zu Backpulver Wasser, so reagieren Natron und Säure unter Freisetzung von Kohlendioxid. Kohlendioxid entsteht auch beim Erhitzen von Backpulver. Oberhalb von 55 °C zerfällt Natron in Soda, Wasser und Kohlendioxid.



Während des Backprozesses wird aus dem Natron durch das Einwirken der sauren Komponenten und durch das Erhitzen Kohlendioxid freigesetzt. Diese Gasentwicklung sorgt für eine Volumenzunahme der Backware („Aufgehen“ des Teigs) und für dessen lockere Beschaffenheit.

## **Zu 2. Nachweis von Kohlendioxid in der Ausatemluft**

### Materialien

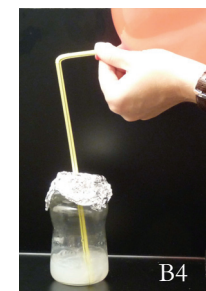
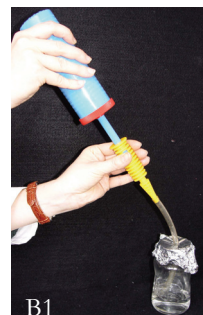
pro Klasse/ pro Gruppe:

- 2 Gefäße mit etwas Kalkwasser,
- Luftballon,
- Trinkhalm,
- Aluminiumfolie mit Loch für den Schlauch/ Trinkhalm als Spritzschutz,
- Luftballonpumpe mit passendem Gummischlauch.

### Durchführung

In das eine Gefäß mit Kalkwasser wird der Gummischlauch hineingesteckt.

An das andere Ende des Schlauches befestigt man die Luftballonpumpe, mit der dann Zimmerluft in das Kalkwasser eingeleitet wird (Bild 1). In das zweite Gefäß mit Kalkwasser soll Ausatemluft eingeleitet werden. Dazu wird ein Luftballon aufgepustet. Anschließend lässt man die Luft mithilfe eines Trinkhalmes langsam in das Kalkwasser ausströmen (Bilder 3 und 4).



### Beobachtung

Auch nach längerem Einleiten von Zimmerluft bleibt das Kalkwasser klar (Bild 2). Das Kalkwasser, in welchem Ausatemluft eingeleitet wird, färbt sich nach einiger Zeit milchig trüb (Bild 4).

### Fachliche Hinweise:

Luft ist ein Gemisch aus verschiedenen Gasen. Sie enthält ca. 78 % Stickstoff, 21 % Sauerstoff, 0,03 % Kohlendioxid und 0,97 % andere Gase, hauptsächlich Edelgase. Das sind die Anteile an Gasen, die wir mit der Luft einatmen. Beim Atmen verändert sich der Anteil an Sauerstoff und Kohlendioxid. In der Ausatemluft befinden sich ungefähr 16 % Sauerstoff und 4 % Kohlendioxid.

### Zu 3.2. „Wie kann man die Rakete zum Starten bringen?“

#### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung unterbreiteten die Schüler folgende Ideen:

- einfache Rakete durch „Hochwerfen“ (Bild 2),
- „Linealwippe“ als Startschusssrampe (Bild 1),
- Luftballonpumpe als Starthilfe,
- „Trittbrettfahrer“,
- Brausetabletten-Rakete.



Die Experimente zu c), d) und e) werden nachfolgend beschrieben.

Zu c) Luftballonpumpe als Starthilfe (siehe Schülerzeichnung, Bild 3)

#### Materialien

pro Klasse:

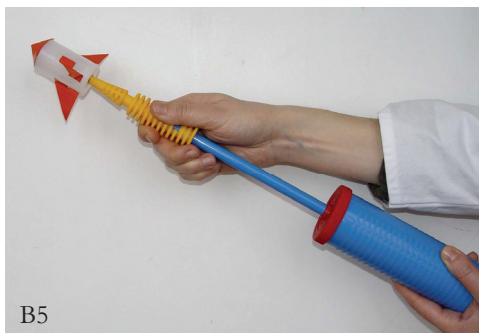
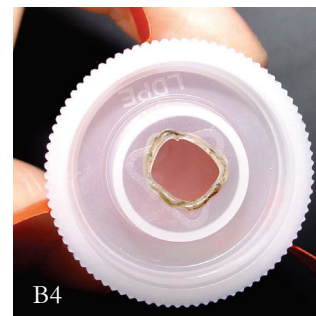
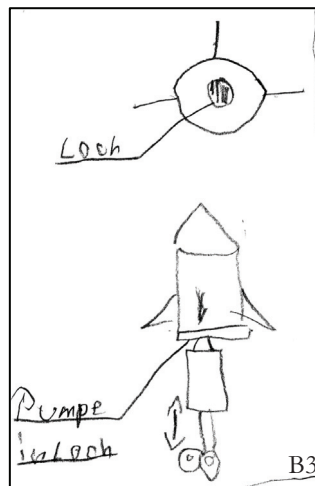
- Fotodosen-Rakete,
- Luftballonpumpe,
- Nagel,
- Wärmequelle (Brenner, Feuerzeug, Feueranzünder, Kerze) zum Erhitzen des Nagels.

#### Durchführung

Mithilfe eines heißen Nagels wird ein Loch in den Deckel der Fotodosen-Rakete geschmolzen (Bild 4). Das Loch sollte so groß sein, dass die Spitze der Luftballonpumpe hineinpasst. Nun wird die Rakete auf die Spitze der Luftballonpumpe gesteckt (Bild 5), allerdings nicht zu fest.

#### Beobachtung

Durch einen kräftigen Pumpstoß wird die Rakete zum Fliegen gebracht (Bild 6).





Zu d) „Trittbrettfahrer“

### Materialien

pro Klasse:

- lange Schnur,
- Trinkhalm,
- Luftballon,
- Verschlussclip oder Wäscheklammer,
- Klebestreifen,
- Fotodosenrakete.

### Durchführung

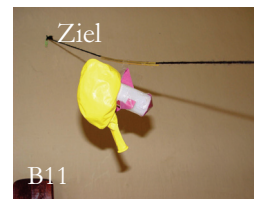
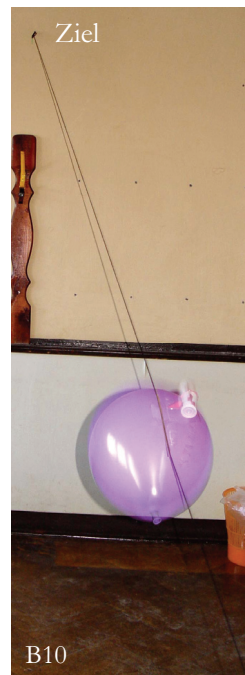
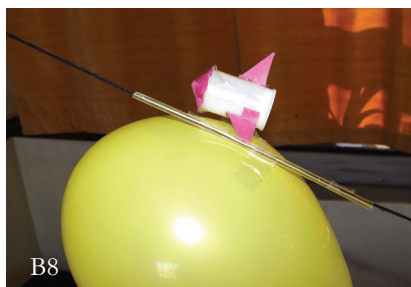
Zuerst wird die Schnur durch den Trinkhalm gezogen. Dieser dient als Führung für den Luftballon. Dann wird die Schnur im Raum fest aufgespannt: Ein Ende kann z.B. unten an einem Stuhl- oder Tischbein befestigt werden; das andere Ende an einem höher gelegenen Gegenstand (Fenstergriff, Regal, Tafel, ...). Der Luftballon wird aufgepustet und provisorisch verschlossen (mit Verschlussclip oder Wäscheklammer). Nun kann die Fotodosen-Rakete mittels Klebestreifen auf dem Luftballon befestigt werden (Bild 7).

Der Luftballon wird durch ein oder zwei Klebestreifen mit dem Trinkhalm verbunden (Bild 8).

Jetzt werden Luftballon und Rakete in Startposition gebracht: Der Trinkhalm wird vorsichtig ganz nach unten gezogen (Bild 9). Die Wäscheklammer bzw. der Verschlussclip wird von der Luftballonöffnung gelöst.

### Beobachtung

Der Luftballon saust mit der Rakete die Schnur entlang (Bilder 10 und 11).



### Didaktisch-methodische Hinweise:

Bei der gemeinsamen Auswertung des Versuches können die Schüler mit dem Rückstoßprinzip bekannt gemacht werden: „Durch die Kraft der ausströmenden Luft wird der Ballon weggedrückt. Er erhält einen Schub in die entgegengesetzte Richtung. Das nennt man Rückstoß. Die Kraft der ausströmenden Luft hat sogar für den Transport der Fotodosen-Rakete gereicht.“

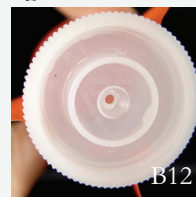
## Zu e) Brausetabletten-Rakete

### ► Aus der Praxis:

S: „Man tut Sprudeltabletten hinein, dann Wasser. Dann entsteht Kohlendioxid und es gibt einen Druck und die Rakete geht ab.“

Zur genauen Durchführung des Versuches gab es zwei unterschiedliche Schülervorschläge. Als eine Variante wurde vorab ein sehr kleines Loch in den Deckel geschmolzen (Bild 12). Das Experiment missglückte allerdings: Die Flüssigkeit und das entstandene Kohlendioxid entwichen durch die kleine Öffnung nach außen. Es erfolgte kein Druckaufbau. Die Rakete flog nicht nach oben.

Schlussfolgernd aus den Beobachtungsergebnissen und entsprechend des zweiten Schülervorschlages wird der Versuch mit einem Deckel ohne Loch wiederholt.



### Materialien

pro Klasse:

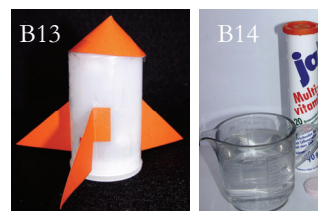
- Unterlage (z.B. Tablett),
- Fotodosen-Rakete (Bild 13),
- mehrere Brausetabletten (Bild 14),
- Kannchen Wasser (Bild 14).

### Durchführung

Die Fotodosen-Rakete wird mit einer halben Brausetablette und etwas Wasser (ca. zu einem Drittel bzw. ein Fingerbreit) gefüllt (Bild 15). Anschließend wird sie zügig mit dem Deckel verschlossen und mit der Spitze nach oben auf eine Unterlage gestellt (Bild 16).

### Beobachtung

Nach einigen Sekunden hört man einen Knall. Der Deckel wird abgesprengt und die Fotodosen-Rakete schießt nach oben.



### ► Aus der Praxis:

Bei der Auswertung der Beobachtungsergebnisse wurden die Schüler gefragt, was die Fotodosen-Rakete nach oben getrieben hat. Die Schüler gaben unterschiedliche Antworten:

- a) „die Brausetablette“,
- b) „die Brause“,
- c) „die Luft (der Sauerstoff)“,
- d) „Kohlendioxid“,
- e) „Wasser“.

Gemeinsam wurde nochmals herausgestellt, dass das in der geschlossenen Fotodose entstehende Kohlendioxid Platz benötigt und gegen den Deckel drückt. Ist der Druck zu groß, wird der Deckel durch das komprimierte Kohlendioxid abgesprengt und die Fotodose in die entgegengesetzte Richtung gedrückt.



Als beeindruckender Ergänzungsversuch (LDE) lässt sich mit der „Plastikflaschen-Rakete“ zeigen, welche Druckkraft sich mit Kohlendioxid erzeugen lässt.

#### Materialien

pro Klasse:

- kleine Plastikflasche (z.B. Getränkeflasche),
- Weinkorken,
- 8 Brausetabletten,
- Startrampe (z.B. Dose mit Sand und kleiner Plastiktüte),
- Kannchen Wasser.

#### Durchführung

Der Versuch sollte aus Sicherheitsgründen im Freien durchgeführt werden, z.B. auf dem Schulhof. Die Plastikflasche wird mit Brausetabletten und Wasser gefüllt (zu ca. einem Drittel). Die Öffnung der Flasche wird mit dem Korken verschlossen (Bild 17). Anschließend positioniert man die Flasche mit der Öffnung nach unten möglichst senkrecht in der Startrampe (Bild 18).

#### Beobachtung

Nach einiger Zeit schießt die Rakete mit lautem Zischen mehrere Meter in die Höhe.



## **Zu 4. Silvesterknaller mit Brausetabletten**

#### Materialien

pro Klasse:

- leeres Brausetablettenröhrchen,
- 1 Brausetablette,
- Kannchen Wasser,
- mehrere Deckel. (Bild 1)

#### Durchführung

siehe SB S. 43 „Silvesterknaller mit Brausetabletten“, Aufgabe 1

Das Tablettenröhrchen wird mit einer Brausetablette und etwas Wasser gefüllt (ca. zwei Fingerbreit). Anschließend wird es mit dem Deckel schnell verschlossen und senkrecht in ein offenes Gefäß gestellt.

#### Beobachtung

Nach kurzer Zeit fliegt der Deckel mit lautem Knall weg.

(Hat man mehrere Deckel zur Hand, kann das Röhrchen wieder zügig verschlossen werden. Die Schüler können zählen, wie oft ein Deckel abgesprengt werden kann.)



## 5.5. Beschreibung der UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“



### 5.5.1. Lerninhalte/ Lernziele

#### 1) Aggregatzustände und Aggregatzustandsänderungen des Wassers

Die Schüler sollen

- ihr bereits vorhandenes Wissen zu Vorkommen und Erscheinungen des Wassers in der Natur in Form einer Zeichnung darstellen und die Zeichnung erläutern,
- sie interessierende Fragen zum Thema Wasser formulieren,
- ihre bisherigen Vorstellungen zu den Aggregatzuständen und den Aggregatzustandsänderungen des Wassers reaktivieren und mithilfe von Bild- und Begriffskarten darstellen,
- Eis (und Schnee), Wasser und Wasserdampf als Erscheinungsformen des Wassers erkennen und benennen können,
- Eis (und Schnee), Wasser und Wasserdampf den Aggregatzuständen fest, flüssig bzw. gasförmig zuordnen können,
- in Experimenten die Aggregatzustandsänderungen Schmelzen, Gefrieren (Erstarren), Sieden und Kondensieren (Verflüssigen) bewusst erfahren,
- wissen, dass Wärmezufuhr bzw. Wärmeentzug (Abkühlung) Voraussetzungen für die jeweiligen Aggregatzustandsänderungen sind,
- sich im Umgang mit dem Thermometer üben,
- die Schmelz- und Siedetemperatur des Wassers experimentell ermitteln,
- zwischen Sieden und Verdunsten von Wasser anhand von Alltagsbeispielen unterscheiden können,
- Verdampfen als Oberbegriff für Sieden und Verdunsten kennen lernen,
- Wasserdampf als farbloses Gas kennen lernen und mit anderen gasförmigen Stoffen (Luft, Kohlendioxid) vergleichen.

#### 2) Wasserkreislauf

Die Schüler sollen

- ausgehend von der Problemfrage „Was passiert mit dem Pfützenwasser nach dem Regen?“ mittels Langzeitexperiment begreifen, dass Wasser nicht verloren geht,
- wissen, dass Wasser auf der Erde durch die Strahlung der Sonne zu nicht sichtbarem Wasserdampf verdunstet,
- anhand eines Modellexperimentes zum Wasserkreislauf verstehen lernen, dass Wolken durch Kondensation von Wasserdampf entstehen und aus winzigen Wassertröpfchen bestehen,
- mithilfe eines Wolkenmodellexperimentes erfahren, wie es dazu kommt, dass es regnet,
- weitere Niederschlagsarten (Erscheinungsformen) des Wassers, z.B. Schnee, Hagel, Reif, Nebel und Tau kennen und den Aggregatzuständen zuordnen können,
- vertiefend erfahren, dass das verdunstete Wasser von der Luft aufgenommen wird und mit der erwärmten Luft aufsteigt.

## 5.5.2. *Didaktische und methodische Aspekte*

### Zu 1) Aggregatzustände und Aggregatzustandsänderungen des Wassers

#### Zu 2) Wasserkreislauf

In den analysierten Rahmenplänen für die Grundschule ist eine Auseinandersetzung mit dem Thema „Aggregatzustände des Wassers“ vorgesehen. Zum Großteil wird zusätzlich auf die Vorgänge der Aggregatzustandsänderungen verwiesen, allerdings mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung. In den Lehrplänen Bayerns, Thüringens oder Sachsens beispielsweise werden die Begriffe Schmelzen, Gefrieren/ Erstarren, Verdampfen und Kondensieren konkret benannt.

Bayern; Themenbereich: Erfahrungen mit Wasser (Jgst. 2)

- „Zustandsformen unterscheiden: fest, flüssig, gasförmig: Wasser *gefrieren* und Eis *schmelzen*; Wasser *verdampfen*, *verdunsten*, Wasserdampf *kondensieren*“ [B 2000, S. 114]

Thüringen; Themenbereich: Wasser in der Umwelt (Jgst. 3/4)

- „Kenntnisse über das Wasser in der Umwelt erwerben: Zustandsformen, Vorkommen: Versuche durchführen zum *Verdampfen*, *Verdunsten*, *Kondensieren*, *Schmelzen*, gegebenenfalls *Erstarren*“ [T 1999, S. 85]

Sachsen; Themenbereich: Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur (Jgst. 3)

- „Experimente zu den *Zustandsänderungen* des Wassers, Begriffe: *gefrieren*, *schmelzen*, *verdampfen*, *verdunsten*, *kondensieren*“ [S 2004, S. 18]

Demgegenüber werden die Aggregatzustandsänderungen des Wassers in anderen Lehrplänen allgemein umschrieben.

Sachsen-Anhalt; Themenbereich: Luft-Feuer-Wasser-Boden (Jgst. 2 bis 4)

- „Eigenschaften des Wassers wahrnehmen sowie die *Veränderungen des Wassers in der Natur durch Kälte- und Wärmeeinflüsse* beobachten, benennen und beschreiben“ [SA 2005, S. 13]

Nordrhein-Westfalen; Themenbereich: Gegenstände und Werkstoffe, Stoffe und ihre Umwandlung (Jgst. 3/4)

- „Aggregatzustände des Wassers und ihre *Übergänge in Natur* und Experiment untersuchen“ [NW 2003, S. 59]

Mecklenburg-Vorpommern/Berlin/Brandenburg; Themenbereich: Wasser (Jgst. 3/4)

- „*Veränderung des Wassers* durch Experimente nachweisen“ [MV/BE/BB 2004, S. 41]

Auf eine Differenzierung der Begriffe „verdampfen“ und „verdunsten“ und den Aspekt, dass Wasserdampf unsichtbar ist - als wichtige Lernvoraussetzungen für das Verstehen des Wasserkreislaufes - wird lediglich im Lehrplan Sachsens hingewiesen.

Sachsen; Themenbereich: Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur (Jgst. 3)

- „Experimente zu den Zustandsänderungen des Wassers, Begriffe: gefrieren, schmelzen, *verdampfen*, *verdunsten*, kondensieren – Temperaturabhängigkeit, *unsichtbarer Wasserdampf*, *sichtbare Kondenswolke*, Differenzierung: weitere Experimente zum Verdampfen, Verdunsten, Kondensieren (Methodenkompetenz)“ [S 2004, S. 18]
- „*Übertragen des Wissens* über Zustandsänderungen des Wassers *auf den Kreislauf des Wassers in der Natur*“ [S 2004, S. 18]

Die Abhängigkeit der jeweiligen Aggregatzustandsänderungen von der Temperatur findet in einigen wenigen Rahmenplänen Erwähnung und zwar mit unterschiedlicher inhaltlicher Ausrichtung. Die Begriffe Schmelz- und Siedetemperatur werden nur im Lehrplan Sachsens aufgeführt.

Sachsen-Anhalt; Themenbereich: Luft-Feuer-Wasser-Boden (Jgst. 2 bis 4)

- „Eigenschaften des Wassers wahrnehmen sowie die *Veränderungen des Wassers in der Natur durch Kälte- und Wärmeeinflüsse* beobachten, benennen und beschreiben“ [SA 2005, S. 13]

Bayern; Themenbereich: Erfahrungen mit Temperaturen (Jgst. 2)

- „*Einfluss verschiedener Temperaturen auf Materialien und Stoffe* untersuchen: verschiedene Materialien und Stoffe prüfen (Wachs, Holz, Papier, Zinn, *Wasser* u.Ä.): Ausdehnen, Verformen, Verkohlen, *Schmelzen*, *Verfestigen*“ [B 2000, S. 114]
- „*Thermometer bauen und Temperatur messen*: physikalische Gesetzmäßigkeit anwenden, dass sich viele Materialien bei Erwärmung ausdehnen“ [B 2000, S. 114]

Sachsen; Themenbereich: Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur

- Jgst. 1/2: „*Kennen von Wettererscheinungen und Zeichen der Natur*: ..., *Temperaturmessung mit Skalenthermometer*, Begriffe: *Skala*, *Gefrier- und Schmelzpunkt*, ...“ [S 2004, S. 10]
- Jgst. 3: „*Kennen einfacher physikalischer Zusammenhänge zwischen Zustandsformen des Wassers*: ..., *Experimente zu den Zustandsänderungen des Wassers*, *Temperaturabhängigkeit*“ [S 2004, S. 18]

Der Umgang und Einsatz des Thermometers findet in den anderen Rahmenplänen innerhalb des Themenbereichs Wetter Anwendung, wenn beispielsweise Temperaturen draußen und im Raum gemessen und verglichen werden sollen.

Bayern und Sachsen verwenden bei der Beschreibung der Lerninhalte zu den Aggregatzuständen des Wassers den Begriff gasförmig. Ob und inwieweit dieser Begriff den Schülern im Zusammenhang mit Wasserdampf vermittelt werden soll, ist allerdings nicht ersichtlich.

Bayern; Themenbereich: Erfahrungen mit Wasser (Jgst. 2)

- „*Zustandsformen unterscheiden*: fest, flüssig, *gasförmig*“ [B 2000, S. 114]

Sachsen; Themenbereich: Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur (Jgst. 3)

- „*Kennen einfacher physikalischer Zusammenhänge zwischen Zustandsformen des Wassers*: unterschiedliche Stofflichkeit des Wassers: fest, flüssig, *gasförmig*: Beispiele in der Umwelt suchen“ [S 2004, S. 17]

Alle Rahmenpläne verweisen auf eine Behandlung des Wasserkreislaufes. Während in den meisten Lehrplänen der Begriff Wasserkreislauf lediglich benannt wird, zählen z.B. die Pläne von Bayern und Sachsen weitere inhaltliche und methodische Aspekte auf, die für ein Verständnis des Wasserkreislaufes wichtig sind.

Bayern; Themenbereich: Der natürliche Kreislauf des Wassers (Jgst. 4)

- „*den Weg des Regenwassers beschreiben*, ...“ [B 2000, S. 266]
- „*Wolkenbildung und Niederschlag verstehen*: *Verdunsten*, *Verdampfen*, *Kondensieren*, *Gefrieren*, ..., *Versuche zur Änderung der Aggregatzustände des Wassers* (Weiterführung aus Jgst. 2), *Teilchenmodell*, ...“ [B 2000, S. 266]

Sachsen; Themenbereich: Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur (Jgst. 3)

- „*Übertragen des Wissens über Zustandsänderungen des Wassers auf den Kreislauf des Wassers in der Natur*: über eine Vielzahl von Problemstellungen erarbeiten, *Sonne als Ursache für die Zustandsänderungen des Wassers*, Beispiele suchen, kausale Zusammenhänge erkennen, verständlich darlegen, *Kreislauf des Wassers in einer Schemaskizze darstellen*“ [S 2004, S. 18]

Die Behandlung von Niederschlägen oder Bewölkung ist in den Rahmenplänen meist unter der Thematik Wetter vorgesehen. Dabei steht vor allem das Beobachten und Erkennen unterschiedlicher Wettererscheinungen im Vordergrund. Lediglich im Lehrplan Bayerns ist zum Themenbereich „Der natürliche Kreislauf des Wassers“ der Hinweis „Wolkenbildung und Niederschlag verstehen“ [B 2000, S. 266] nachzulesen.

Im Vergleich der verschiedenen Rahmenpläne für die Grundschule lässt sich feststellen, dass die Aggregatzustandsänderungen Schmelzen, Erstarren, Verdampfen, Verdunsten und Kondensieren primär am Beispiel von Wasser behandelt werden sollen. Selten werden andere Stoffe, wie beispielsweise Wachs oder Zinn vorgeschlagen, an denen Schmelzen und Erstarren als reversible Vorgänge veranschaulicht werden können.

Strunk geht in seiner Arbeit u.a. der Frage nach, welche Kriterien man bei der Auswahl von Beispielstoffen (Eis, Schnee, Wachs, Blei) für eine Erarbeitung des Themas „**Schmelzen und Erstarren**“ beachten sollte [STRUNK 1998, S. 18].

Schnee ist in Bezug auf emotionale, motivationale und soziale Lernziele vermutlich am besten geeignet. Die Verwendung von Blei oder Wachs könnte die Realisierung kognitiver Lernziele erleichtern. Denn beim Schmelzvorgang beider Stoffe bleiben Farbe und auch die sprachliche Bezeichnung der Stoffe weitgehend gleich. (Blei darf jedoch aus Sicherheitsgründen nicht im Unterricht eingesetzt werden.) Demgegenüber können Grundschüler das Schmelzen von Eis oder Schnee möglicherweise als radikale Stoffumwandlung ansehen. Denn Eis, Schnee und Wasser unterscheiden sich stark im äußeren Erscheinungsbild sowie in ihrer sprachlichen Bezeichnung. Löffler schreibt dazu: „Eis und Wasser sind nach praktischen Gesichtspunkten beurteilt verschiedene Stoffe, weil sie unterschiedlich zu handhaben und zu nutzen sind und somit in Abhängigkeit von zufälligen oder hergestellten Umständen unterschiedliche Eigenschaften haben“ [LÖFFLER 1992, S. 88]. Insofern kann es im Unterricht Verständnisschwierigkeiten geben, weil die Schüler vielleicht noch nicht wissen, dass es sich bei Eis, Schnee und Wasser um den gleichen Stoff handelt [STRUNK 1998, S. 13].

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Auswahl einer Beispielsubstanz ist, so Strunk, inwieweit diese eine allgemeine kognitive Entwicklung fördern kann. „Eines der wichtigsten Kennzeichen der allgemeinen kognitiven Entwicklung – besonders auch im Grundschulalter – ist die zunehmende Beweglichkeit und Reversibilität des Denkens, also z.B. die Fähigkeit, eine Denkopoperation vorwärts und zur Gegenprobe auch rückwärts durchführen zu können.“ [OERTER & MONTADA 1987 aus STRUNK 1998, S. 14] Solche reversiblen Vorgänge können am Beispiel von Eis oder Wachs durch das wiederholte Schmelzen und Wiedererstarren gut beobachtet und nachvollzogen werden, bei Schnee dagegen nicht.

Auch das Erkennen der Invarianz von Masse, Volumen und Substanz ist ein wesentlicher Fortschritt in der allgemeinen kognitiven Entwicklung von Grundschulern. Möchte man im Unterricht z.B. das Verständnis für die Material- oder Massenkonstanz fördern, so spielt die Art der gewählten Beispielsubstanz eine wesentliche Rolle. Allgemein vertreten Grundschüler noch häufig die Ansicht, dass sich die Masse einer Stoffportion beim Schmelzen verringert [GALILI & BAR 1997 aus STRUNK 1998, S. 13]. Insbesondere beim Schnee, der beim Schmelzen einen Großteil seines Volumens verliert, kann bei Schülern durchaus die Vorstellung erweckt werden, dass Masse und Stoff weniger geworden sind. Auch die Alltagssprache verleitet mit Begriffen wie *Wegschmelzen* oder *Dahinschmelzen* zu der Annahme, Schnee verschwindet, wenn er schmilzt. Diese Gegebenheiten sollten bei der unterrichtlichen Planung berücksichtigt werden [STRUNK 1998, S. 14].

Dass nach der Auswahl des Unterrichtsgegenstandes noch weitere wichtige didaktische Überlegungen angestellt werden müssen, zeigt das Beispiel zur Verdunstung von Wasser. Dieser Lerninhalt bietet unterschiedliche Möglichkeiten der Schwerpunksetzung. „So kann das Thema vorrangig genutzt werden, um

- die Verstehensbasis für weiterführende Unterrichtsinhalte (wie Wasserkreislauf, ökologische Aspekte, Sommerdürre) zu sichern,
- Fachbegriffe wie ‚Siedepunkt‘ oder ‚Wärmezufuhr‘ einzuführen,
- die Entwicklung des Denkens in Relation („Je stärker die Wärmezufuhr, desto schneller die Verdunstung“) zu unterstützen,
- ein einfaches Teilchenmodell einzuführen,
- die grundsätzliche Materieerhaltung und Reversibilität (Verdunsten - Kondensieren) aufzuzeigen oder



- experimentelle Methodenfertigkeiten ohne Einsatz gefährlicher Chemikalien zu erwerben“ [STRUNK 1998, S. 16].

Strunk macht deutlich, dass solche scheinbar einfachen Unterrichtsthemen wie die Zustandsänderungen des Wassers einiger nicht zu unterschätzender didaktischer Überlegungen bedürfen. Darin liegen u.a. „die Schwierigkeiten bei der Erstellung eines fachdidaktisch abgesicherten Curriculums für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht“ [STRUNK 1998, S. 16].

Ein weiteres Problem besteht darin, dass sich „die Lernschwierigkeiten und –möglichkeiten in den verschiedenen Themenbereichen wechselseitig bedingen“ [STRUNK 1998, S. 16]. So wäre es beispielsweise sinnvoll, wenn die Schüler vor der Behandlung der Aggregatzustandsänderungen den Umgang mit dem Thermometer gelernt haben und Wärme und Kälte nicht mehr als stofflich auffassen. Auf der anderen Seite lassen sich aber gerade diese Lerninhalte sehr gut an den Schülern vertrauten Vorgängen wie Schmelzen von Eis oder Schnee und Verdampfen von Wasser einführen.

Die Systematik von Lerninhalten spielt in Bezug auf Schülervorstellungen und Verständnisschwierigkeiten eine bedeutende Rolle. So sollte dem Einführen des Schmelzvorganges die Unterscheidung von fest und flüssig als Wissensbasis vorangehen. Dass ein wissenschaftliches Verständnis dieser Zustandsarten bei den Kindern nicht vorausgesetzt werden kann, wurde bereits in der UE 2 „Körper und Stoffe“ erläutert. In dieser Unterrichtseinheit wurden die Begriffe fest und flüssig am Beispiel unterschiedlicher Alltagsstoffe (z.B. Wasser, Öl, Essig, Holz, Glas, Knete, Aluminium) erarbeitet. Eine erstmalige Behandlung der Aggregatzustände am Beispiel Wasser erscheint ungünstig, da es im Bezug auf Eis als Feststoff Verstehensschwierigkeiten geben könnte. Aus Sicht der Kinder kann Eis durchaus flüssig sein. Denn schließlich ist Eis aus Wasser „gemacht“, und Wasser ist flüssig. Wahrscheinlich entstehen solche Schülervorstellungen auch durch die Alltagserfahrung, dass Eis in der Hand sofort schmilzt.

Ebenso wenig kann bei Grundschulern vorausgesetzt werden, dass sie schon einen Zusammenhang zwischen Temperatur und Aggregatzustandsänderung erkennen. Nach Meinung vieler Kinder „schmilzt Eis halt einfach so“ oder es schmilzt, weil es nicht mehr im Tiefkühlfach liegt [OSBORNE & COSGROVE 1983, S. 835]. Auch wenn einige Schüler schon wissen, dass das Eis oder der Schnee schmilzt, wenn es wärmer wird, ist ihnen die Wärmezufuhr oder das Überschreiten der Schmelztemperatur als Bedingung kaum bekannt. Gleichmaßen wie die Kenntnis, dass ein und derselbe Stoff je nach Temperatur fest oder flüssig erscheinen kann. Insbesondere beim Stoff Wasser, der in der Natur in unterschiedlichsten Erscheinungsformen auftritt (Eis, Schnee, Hagel, Regen, Nebel, ...) ist für Schüler schwer nachzuvollziehen, dass es sich jeweils um denselben Stoff handelt, zumal jede Erscheinungsform eine eigene Bezeichnung hat [LÖFFLER 1992, S. 88].

Neben den Vorgängen des Schmelzens und Erstarrens bereiten die Phasenübergänge von flüssig zu gasförmig und umgekehrt den Schülern besondere Schwierigkeiten. Dies liegt u.a. darin begründet, dass gasförmige Stoffe für Kinder weniger existent sind als feste und flüssige. Auf diese Gegebenheiten wurde bereits in der UE 3 „Luft begreifen“ eingegangen.

Untersuchungen zeigen, dass der **Vorgang des Verdampfens** (im Sinne von Sieden), im Gegensatz zu Verdunsten und Kondensieren, für die Kinder noch am ehesten nachzuvollziehen ist. Bereits 6-jährige wissen, dass das Wasser beim Sieden im Kochtopf immer weniger wird, aber nicht verschwindet. Aus Erfahrung wissen sie, dass beim Kochen feuchte „Dampfwolken“ aufsteigen und die „Feuchtigkeit irgendwie oberhalb des Topfes weiter erhalten bleibt“ [BAR & TRAVIS 1991, S. 368 aus STRUNK 1998, S. 108]. Ab dem Alter von 9 bis 10 Jahren glauben schon die meisten Kinder, Wasserdampf könne sich wieder zu Wasser zurückverwandeln. Wobei sie sich die Vorgänge des Verdampfens und Kondensierens eher als „mechanische Dispersion und Wiederezusammenfügung von Wasser“ vorstellen [STRUNK 1998, S. 108].

Dass sich in den beim Sieden von Wasser aufsteigenden großen Blasen unsichtbarer (gasförmiger) Wasserdampf befindet, wird von Grundschulkindern in keiner Weise

angenommen. OSBORNE & COSGROVE stellten in ihrer Untersuchung Schulkindern im Alter zwischen 8 und 17 Jahren die Frage, was sich in diesen Blasen befindet. Es wurden ganz unterschiedliche Antworten gegeben, z.B. „Hitze/ Wärme“, „Luft“, „Dampf“ oder „Sauerstoff und Wasserstoff“. Wobei die Schüler mit dem genannten Begriff „Dampf“ oft nur „heiße Luft“ oder „irgendwas wie Wasser“ meinten [OSBORNE & COSGROVE 1983, S. 827]. Die Vorstellung vieler älterer Schüler, dass die Blasen aus Sauerstoff und Wasserstoff bestehen, verdeutlicht, wie naturwissenschaftlicher Unterricht zu neuen Fehlvorstellungen bzw. Hybridvorstellungen führen kann.

Größere Verständnisschwierigkeiten tauchen bei der Thematik **Verdunsten von Wasser** auf. BAR & GALILI stellten Kindern in ihrer Untersuchung die Frage, was mit Wasser, das auf den Boden verschüttet worden ist, im Laufe der Zeit geschieht. Folgende Antworten kristallisierten sich heraus [BAR & GALILI 1994, S. 162 ff aus STRUNK 1998, S. 104]:

a) 60 % der 6-Jährigen vertreten die Ansicht „*Wasser verschwindet einfach*“. Mit zunehmendem Alter sind immer weniger Kinder dieser Meinung, bei 11-Jährigen nur noch 15 %.

b) 60 % der 7-Jährigen sind der Auffassung, dass „*das Wasser in den Boden einzieht*“. Bei den 11-Jährigen vertreten nur noch 20 % diese Ansicht. Im Vergleich zur Meinung a) gehen die Schüler also schon davon aus, dass das Wasser in irgendeiner Form erhalten bleibt. Allerdings sind die Schülerantworten stark vom Kontext der Aufgabenstellung abhängig. Handelt es sich um einen harten Steinboden, vertreten weitaus weniger Kinder diese Auffassung. Auf die Frage „Was geschieht mit dem Wasser, wenn Wäsche trocknet?“ antworten nur ca. 10 % der 10-Jährigen, dass das Wasser in die Wäsche einzieht [BAR & GALILI 1994, S. 166 aus STRUNK 1998, S. 105].

c) Die Antwort „*das Wasser ist jetzt woanders*“ geben im Laufe der Grundschulzeit immer mehr Kinder. Unter den 11-Jährigen behaupten dies schließlich 50 %. Mit „woanders“ meinen die Schüler beispielsweise „im Himmel“, „in den Wolken“ oder „in der Sonne“. Obwohl diese Kinder bereits annehmen, dass das Wasser nach oben geht, wird der Verdunstungsvorgang von den Kindern noch falsch verstanden. Z.B. glauben sie, die Sonne würde das Wasser ansaugen [STRUNK 1998, S. 105].

In der Unterrichtserprobung wurden die Schüler (8 bzw. 9 Jahre alt) während der Behandlung des Wasserkreislaufes mit der Frage konfrontiert „Wie kommt der unsichtbare Wasserdampf nach oben in den Himmel?“. Auch hier stellten sich viele Schüler einen aktiven Vorgang von oben vor, bei dem Sonne, Wolken oder Himmel den Wasserdampf an- oder hochziehen. Teilweise wurde von den Schülern das Saugen durch einen Trinkhalm als Vergleich herangezogen. Daneben erklärten jedoch schon einige Schüler, dass der Wasserdampf mit der warmen Luft nach oben steigt. Dieser spezielle Lerninhalt wurde in der UE 3 „Luft begreifen“ noch nicht vermittelt.

d) Eine weniger häufige Vorstellung ist, dass „*sich das Wasser in Dampf, also in unsichtbar kleine Tröpfchen oder in Luft verwandelt*“. Sie wird von 15 % der 11-Jährigen geäußert, bei Kindern unter 9 Jahren dagegen noch gar nicht [BAR & GALILI 1994, S. 163 aus STRUNK 1998, S. 105]. „Auch hier wird noch keine korrekte Erklärung der Verdunstung geliefert, aber wenigstens erkannt, dass das Wasser nicht nur an einen anderen Ort gelangt, sondern sich auch verändert. Auch die kognitive Operation des Zerteilens einer Stoffportion bis in unsichtbar kleine Teile ist für diese Kinder möglich“ [STRUNK 1998, S. 105].

In der Unterrichtserprobung wurden 35 Schüler (8 bzw. 9 Jahre alt) zu der Frage „Was passiert mit dem Pfützenwasser nach dem Regen?“ schriftlich befragt. Dieser Test wurde vor der UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände“ durchgeführt.

- 7 Schüler (20 %) äußerten gar keine Erklärung.
- 4 Schüler (11,4 %) gaben Antworten, die im Sinne von a) „*Wasser verschwindet einfach*“ gedeutet werden könnten.  
 „Die Pfützen trocknen/ vertrocknen nach ein paar Tagen/ wenn die Sonne wiederkommt.“  
 „Die Pfütze löst sich auf.“
- 5 Schüler (14,3 %) erklärten, dass das Pfützenwasser in die Erde sickert oder ins Gulli abfließt. Diese Erklärung entspricht der Auffassung b) „*Das Wasser zieht in den Boden ein.*“.
- 1 Schüler (2,9 %) vermutete „die Pfütze ist weg, weil die Sonne sie aufgesaugt hat“. Diese Antwort könnte entsprechend c) „*Das Wasser ist jetzt woanders.*“ interpretiert werden, wenn man davon ausgeht, dass dieser Schüler das Wort „weg“ nicht im Sinne von verschwinden gebraucht.
- 11 Schüler (31,4 %) erklären ihre Vorstellungen mithilfe wissenschaftlicher Begriffe wie Verdunsten, Verdampfen, Gas und gasförmig.  
 „Das Pfützenwasser verdunstet.“ (3 Schüler)  
 „Die Sonne verdunstet das Wasser.“ (1 Schüler)  
 „Wenn die Sonne scheint, dann verdunstet das Wasser und steigt nach oben in den Himmel.“ (1 Schüler)  
 „Wenn es geregnet hat und die Luft trocken wird, dann verdunstet das Wasser wieder. Wenn die Wolke voll ist, lässt sie das Wasser wieder fallen und es regnet.“ (1 Schüler)  
 „Die Pfützen werden kleiner, wenn die Sonne darauf scheint und lösen sich in Wasserdampf auf.“ (1 Schüler)  
 „Das Wasser wird zu Wasserdampf.“ (1 Schüler)  
 „Wenn es warm wird, verdampft das Regenwasser.“ (1 Schüler)  
 „Es wird von der Sonne getrocknet. Es wird gasförmig.“ (1 Schüler)  
 „Es verwandelt sich in ein Gas.“ (1 Schüler)
- 7 Schüler (20 %) gaben andere Antworten.  
 „Wenn nach dem Regen die Sonne scheint, dann werden die Pfützen zu Matsch.“ (1 Schüler)  
 „Wenn es aufhört zu regnen, dann schmilzt das Pfützenwasser.“ (1 Schüler)  
 „Es verformt sich.“ (1 Schüler)  
 „Sie wird größer und verändert ihre Form.“ (1 Schüler)  
 „Erst liegt die Pfütze nur da und beim nächsten Regen wird sie größer, also kommt Wasser hinein.“ (1 Schüler)  
 „Es wird mehr Wasser.“ (1 Schüler)

Da die Schüler schriftlich befragt wurden, bestand keine Möglichkeit durch weitere Gespräche eine genauere Einsicht in die jeweiligen Schülervorstellungen zu gewinnen, die eventuell eine andere Deutung zur Folge hätte. Daher ist auch schwer einzuschätzen, inwieweit ein Verständnis für die von 11 Schülern (31,4 %) verwendeten Begriffe Verdunsten, Verdampfen, Wasserdampf, Gas oder gasförmig im Zusammenhang mit Wasser bei den Schülern tatsächlich vorhanden ist. Die Begriffe Gas und gasförmig hatten die Schüler bereits am Beispiel der Luft kennen gelernt. Möglicherweise verstehen diese Schüler den Verdunstungsvorgang bereits richtig als Dispersion in feinste Teilchen (entsprechend Vorstellung d, vgl. S. 149). Damit würden entgegen den Untersuchungsergebnissen von BAR & GALILI schon mehr Schüler jüngeren Alters ansatzweise wissenschaftliche Auffassungen zum Verdunsten von Wasser vertreten.

Eine Studie von SPÄGELE weist ebenfalls darauf hin, dass Kinder im Einschulungsalter bei Phänomenen zum Verdunsten nicht wie häufig angenommen oft auf animistische Erklärungen zurückgreifen. Bei Schulanfängern „lassen sich vielmehr objektivierte Konzepte beobachten“ [SPÄGELE 2008, S. 198]. Und während bei OSBORNE & COSGROVE (1983) nur 35 % der 12-Jährigen das Verdunsten von Wasser als „Übergang kleinster Wasserteilchen“ verstehen, vertraten diese Vorstellung in der Untersuchung von SPÄGELE bereits ca. 35 % der 6-Jährigen.

Ein jedoch vollständiges Verständnis für den Verdunstungsvorgang unter Einbeziehung des Massenerhaltungskonzepts ist laut DRIVER et al. im Grundschulalter noch nicht vorhanden und wird erst im Alter von 12 bis 14 Jahren erreicht [DRIVER et al. 1994a aus STRUNK 1998, S. 106].

Eine wesentliche Lernvoraussetzung ist die Einsicht des statischen Luftkonzeptes (vgl. Kap. 5.3.2.) [BAR & GALILI 1994 aus STRUNK 1998, S. 106]. Daraus schlussfolgernd sollten entsprechende Lerninhalte zur Luft einer Behandlung des Verdunstens von Wasser vorausgehen. Weiterhin wäre es sinnvoll, zuvor den Siedevorgang von Wasser zu unterrichten. „Von einer auf diese Weise gesicherten Ausgangsbasis erscheinen dann Analogieschlüsse zum Verdunsten möglich“ [STRUNK 1998, S. 109].

Die Erarbeitung des Wasserkreislaufs erscheint ab dem Zeitpunkt gut möglich, bei dem die Schüler bereits annehmen, dass das Wasser beim Verdunsten nach oben gelangt [STRUNK 1998, S. 106]. Diese Vorstellung, dass Wasser z.B. beim Trocknen feuchter Wäsche „in den Himmel bzw. in die Wolken geht“ besitzen nach SPÄGELEs Ergebnissen schon 44 % der 6-Jährigen [SPÄGELE 2008, S. 195 f.].

Der **Vorgang des Kondensierens** ist besonders schwer verständlich. Denn die Schüler müssen „sich in einer rein abstrakten Denkoperation vorstellen, wie ein unsichtbarer Luftbestandteil, von dessen Existenz sie eigentlich noch nichts wissen, sich aus unterschiedlichen Gründen zu einem Tropfen Flüssigkeit zusammenballt“ [STRUNK 1998, S. 108]. Ein grundsätzliches Problem besteht darin, dass die Kinder zunächst zwischen Luft und dem gasförmigen (nicht sichtbaren) Wasserdampf unterscheiden müssen, um die Bildung von sichtbaren Wassertröpfchen aus der Luft nachvollziehen zu können [BAR & TRAVIS 1991, S. 373 aus STRUNK 1998, S. 107]. Diese Denkleistung kann erst von Kindern erwartet werden, die bereits das Konzept der „statischen Luft“ ausgebildet haben. Darüber hinaus muss einem Verständnis für Kondensieren die Einsicht vorausgehen, dass gasförmiger Wasserdampf dauerhaft in der Luft vorhanden ist - auch bei einem gleichzeitigen Verdunstungsvorgang. Nach Untersuchungen von OSBORNE & COSGROVE fehlt diese Vorstellung oft selbst Schülern der Sekundarstufe I. In ihren Studien fanden sie auch heraus, dass Schüler den Vorgang des Kondensierens an Gegenständen, die über siedendes Wasser gehalten werden, teilweise mit dem Schwitzen beim Menschen vergleichen. Nach einem Versuch, in dem ein Glas mit Eiswürfeln gefüllt, zugeschraubt und einige Zeit stehen gelassen worden ist, behaupten vereinzelt sogar noch 17-Jährige, dass das Kondenswasser an der äußeren Glaswand aus dem Glas herauskäme. Das Wasser ist also von innen durch das Glas hindurch bis nach außen gedrungen. Vor allem jüngere Schüler erklären sich dieses Phänomen mit der „Kälte“, die versucht herauszukommen oder die sich in Wasser verwandelt bzw. Wasser produziert [OSBORNE & COSGROVE 1983, S. 829 ff.].

Analog der Hybridvorstellung „Wasser wird beim Verdunsten zu Sauerstoff und Wasserstoff“, meinen manche ältere Schüler, dass sich beim Kondensieren Sauerstoff und Wasserstoff wieder zu Wasser vereinigen würden.

Häufig werden die wissenschaftlichen Konzepte für Verdunsten und Kondensieren sowie die Reversibilität dieser Vorgänge zeitgleich eingesehen [BAR & TRAVIS 1991, S. 374 aus STRUNK 1998, S. 107]. STRUNK schlussfolgert, dass möglicherweise eine allgemeine Förderung des reversiblen Denkens das Verständnis der physikalischen Vorgänge bei Aggregatzustandsänderungen beschleunigen kann.

Auch wenn die Vorstellungen von Grundschulern zu den Aggregatzustandsänderungen von Wasser teilweise noch stark von den wissenschaftlichen Konzepten abweichen, sollten diese Lerninhalte Gegenstand des Sachunterrichts sein. Auch OSBORNE & COSGROVE halten es für wichtig, den Kindern ausreichend Gelegenheiten zu bieten, bei denen sie diese Phänomene beobachten und gründlich erforschen können. Während ihrer Untersuchungen zeigte sich v.a. bei den jüngeren Kindern (10-Jährigen) ein großes Interesse an den gezeigten Experimenten. Fasziniert suchten sie aktiv nach Erklärungen und waren auch bereit, für sie neue Konzepte



anzunehmen. So sollten die Kinder im Unterricht ermutigt werden, ihre eigenen Vorstellungen zu äußern, zu hinterfragen und zu überprüfen [OSBORNE & COSGROVE 1983, S. 837].

SCHIEDER & WIESNER vertreten ebenfalls diese Auffassung. Sie untersuchten Vorstellungen und Lernprozesse zum Thema „Wetter in der Primarstufe“. Dazu führten sie Interviews mit Schülern der 3. Klasse durch. Ein Themenbereich der Untersuchung war z.B. „Verdunsten/ Kondensieren/ Wasserkreislauf“. Obwohl die geäußerten Schülerverständnisse änderungsbedürftig sind, glauben sie an einen unterrichtlichen Erfolg bei Behandlung dieser Lerninhalte. „Im Großen und Ganzen können die Lehrgespräche in dem Sinne als erfolgreich bezeichnet werden, dass die Schüler die angebotenen Erklärungen akzeptierten, mit schwachen Impulsen (oder sogar ohne) richtig und vollständig paraphrasieren und auf Prüfungsprobleme anwenden konnten. Wenn es etwas zäh wurde, dann bei den Themen Verdunsten und Kondensieren“ [SCHIEDER & SCHIEDER 1997, S. 169]. Dennoch schätzen SCHIEDER & WIESNER diese Schwierigkeiten nicht als unüberwindlich ein.

Unter Berücksichtigung der eben aufgeführten Aspekte erfolgt in dieser Unterrichtseinheit eine Behandlung der Aggregatzustände des Wassers aufbauend auf die in der UE 2 „Körper und Stoffe“ eingeführten Begriffe fest und flüssig. Die Aggregatzustandsänderungen Schmelzen und Erstarren als reversible Vorgänge werden zunächst am Beispiel von Eis erarbeitet. Ergänzend werden Versuche mit Schnee vorgeschlagen. Die Geschichte von Fredrik Vahle „Das Gewicht einer Schneeflocke“ kann beispielsweise als Ausgangspunkt genutzt werden, um den Schülern in einem Versuch (Schmelzen von Schnee im geschlossenen Glas) zu zeigen, dass Schneeflocken sehr viel Luft enthalten und u.a. deshalb sehr leicht und voluminös sind. Daran anknüpfend kann durch Wiegen des Schnees vor und nach dem Schmelzen die Masseninvarianz veranschaulicht werden.

Das Thema Schmelzen und Erstarren wird in den nachfolgenden Unterrichtseinheiten erneut aufgegriffen. In der UE 7 „Stoffumwandlung“ werden die Aggregatzustandsänderungen des Wassers wiederholt und am Beispiel von Wachs und Salz (Schmelzen und Erstarren) angewendet. In der UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“ werden die unterschiedlichen Zustandsarten von Wachs auf Brennbarkeit überprüft. Dabei erfahren die Schüler, dass Wachsdämpfe brennen.

Mit der ausführlichen Behandlung von Aggregatzustandsänderungen an unterschiedlichen Beispielen soll eine Grundlage für die Einführung der Stoffumwandlung gelegt werden. Die entscheidend neue Erkenntnis, dass beim Erhitzen tatsächlich andere Stoffe entstehen können und diese Umwandlung durch Abkühlung (Wärmeentzug) nicht rückgängig zu machen ist, kann den Schülern so deutlich vor Augen geführt werden.

Diese unterrichtliche Vorgehensweise entspricht dem Vorschlag STRUNKs, schon in der Grundschule das Verständnis dafür zu festigen, „dass bei einem physikalischen Vorgang wie dem Schmelzen oder Verdunsten der Ausgangsstoff leicht wieder zurückgewonnen werden kann“ [STRUNK 1998, S. 17]. Damit könnte man einem häufig auftretenden Problem im Chemieanfangsunterricht frühzeitig entgegensteuern. So haben Schüler der Sekundarstufe beim Einführen der chemischen Reaktion Verständnisschwierigkeiten, wenn es darum geht, zwischen physikalischem Vorgang und einer Stoffumwandlung unterscheiden zu können [VOELKER 1975 aus STRUNK 1998, S. 17].

Nach der Behandlung der Aggregatzustandsänderungen Schmelzen und Erstarren wird versucht, den Schülern das Sieden und Kondensieren von Wasser als reversible Vorgänge nahe zu bringen. Dazu werden mehrere unterschiedliche Schüler- und Lehrerversuche durchgeführt. Ein Verständnis zum Sieden von Wasser soll den Schülern helfen, den Vorgang des Verdunstens besser nachvollziehen zu können. Dieser Lerninhalt wird nach einer Zusammenfassung der Zustandsänderungen Schmelzen, Erstarren, Sieden und Kondensieren als besonderer Phasenübergang des Wassers herausgestellt. Das Trocknen einer feucht abgewischten Tafel dient dabei als Ausgangsphänomen. Weitere Alltagsbeispiele (z.B. Trocknen von Wäsche oder nassen Haaren) sollen den Verstehensprozess der Schüler unterstützen. Die Schüler lernen Verdampfen als Oberbegriff für Sieden und Verdunsten kennen.



Als weiterer inhaltlicher Schwerpunkt soll den Schülern in dieser Unterrichtseinheit vermittelt werden, dass Wärmezufuhr oder Wärmeentzug Ursache bzw. Voraussetzung für eine Aggregatzustandsänderung sind. Da der Begriff Wärmeentzug für die Schüler schwer fassbar ist, wird im Unterricht auch von Abkühlung gesprochen. Die Schüler- bzw. Lehrerexperimente sind so gestaltet, dass mehrere unterschiedliche Möglichkeiten der Wärmezufuhr und des Wärmeentzugs eingesetzt werden. Der Einfluss der Temperatur auf die Vorgänge der Zustandsänderungen wird bei der Ermittlung der Schmelz- und Siedetemperatur des Wassers nochmals herausgestellt. Diese Unterrichtssequenz kann genutzt werden, um den Umgang mit dem Thermometer, insbesondere das Ablesen der Temperatur einzuführen oder anzuwenden und zu üben. Gleichzeitig wird mit der Erkenntnis, dass Wasser bei 100 °C siedet, die Voraussetzung geschaffen, den Schülern den Unterschied zwischen Sieden und Verdunsten zu vermitteln.

Im Zusammenhang mit dem Verdunsten von Wasser erfahren die Schüler, dass gasförmiger Wasserdampf von der Luft aufgenommen wird und nicht sichtbar ist. Die Vermittlung eines statischen Luftkonzeptes, als wichtige Lernvoraussetzung, erfolgte bereits in der UE 3 „Luft begreifen“. Darüber hinaus lernten die Schüler im Vorfeld den gasförmigen Aggregatzustand am Beispiel von Luft und Kohlendioxid kennen. Aufbauend auf diese Erkenntnis wird versucht, den Schülern eine Vorstellung von Wasserdampf als Gas zu vermitteln. Dazu wird z.B. ein mit etwas Wasser gefüllter Luftballon in der Mikrowelle erhitzt. Nach wenigen Sekunden dehnt sich dieser Ballon stark aus. Das flüssige Wasser ist zu Wasserdampf geworden, der sich wie alle Gase gleichmäßig in dem zur Verfügung stehenden Raum verteilt. Diese phänomenologische Veranschaulichung des gasförmigen Aggregatzustandes mithilfe von Luftballons kennen die Schüler bereits aus der UE 3 „Luft begreifen“ und der UE 4 „Kohlendioxid“.

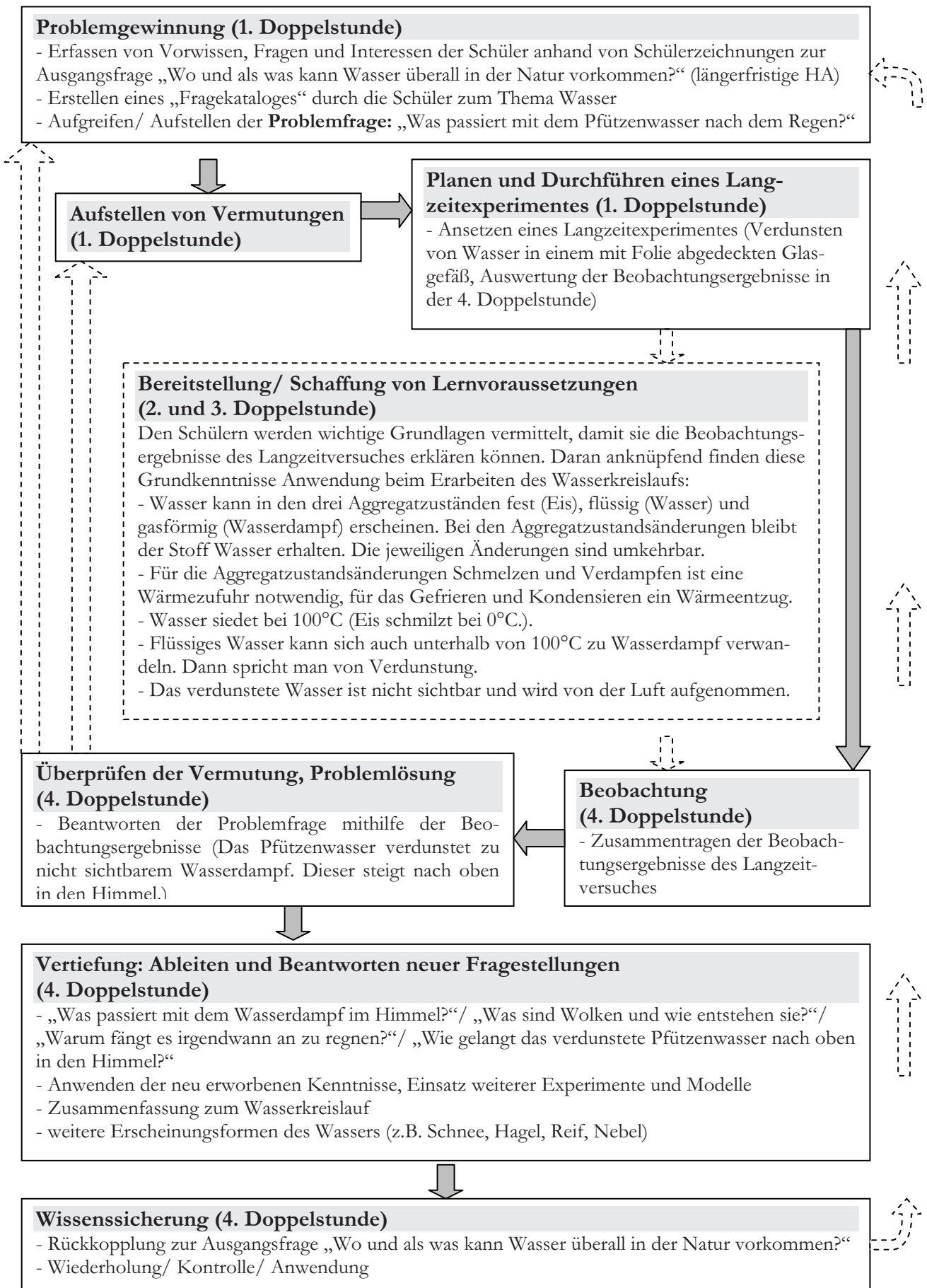
Die Behandlung der Aggregatzustandsänderungen des Wassers, insbesondere das Verdunsten und Kondensieren, soll die Verstehensbasis für den anschließenden Lerninhalt „Wasserkreislauf“ sichern. Die vorher vermittelten Kenntnisse müssen die Schüler nun anwenden, um die Beobachtungsergebnisse eines Modellexperimentes zum Wasserkreislauf (Wasser verdunstet in einer mit Folie abgedeckten Schale und kondensiert auf der Folienunterseite.) erklären zu können. Ein Schwerpunkt bei der Thematik Wasserkreislauf ist die Vermittlung des Konzeptes der Erhaltung am Beispiel Wasser.

Die verschiedenen Faktoren, die eine Verdunstung von Wasser beeinflussen (z.B. Temperatur, Oberfläche, Wind) werden in dieser Unterrichtskonzeption nicht untersucht, da sie für den übergeordneten Lerninhalt Wasserkreislauf nicht zwingend notwendig sind. In der Beschreibung eines möglichen Unterrichtsverlaufes wird jedoch auf eine mögliche Behandlung dieses Themas hingewiesen. Aufbauend auf die Kenntnis, dass Wasserdampf bei Abkühlung kondensiert, erfahren die Kinder z.B. auch, wie Wolken entstehen und dass diese aus winzigen Wassertröpfchen bestehen. Anknüpfend können Regen, Schnee, Hagel, Reif oder Nebel als unterschiedliche Erscheinungsformen des Wassers thematisiert werden.



Vertiefend wird am Ende dieser Unterrichtseinheit der Frage nachgegangen, wie der Wasserdampf nach oben in den Himmel gelangt. Dabei wird das Thema Luft erneut aufgegriffen. In Experimenten erfahren die Schüler, dass warme Luft - und damit auch der enthaltene Wasserdampf - aufsteigt. Aufgrund fehlender Wissensgrundlagen (Teilchenmodell, Dichte als physikalische Größe) erfolgt die Vermittlung dieses Lerninhalts formal und ausschließlich phänomenologisch. Die Ausdehnung warmer Luft wird nicht thematisiert.




### 5.5.3. Möglicher Unterrichtsverlauf

Zunächst wird der Verlauf der gesamten Unterrichtseinheit in einer Grobübersicht dargestellt.





Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p>1.3. Erstellen eines „Fragekataloges“ zum Thema Wasser *</p> <p><u>Problemfrage:</u> „Was passiert mit dem Pfützenwasser nach dem Regen?“ (Antwortsuche als längerfristige Zielstellung)</p>	<p><u>Erfassen von S-Fragen und S-Interessen zum Thema Wasser:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S formulieren in PA/ GA Fragen, wobei Schülerzeichnungen und Begriffssammlung als Orientierung dienen,</li> <li>- Zusammentragen und Sortieren der Schülerfragen,</li> <li>- Kennzeichnen der Schülerfragen, die in dieser UE beantwortet werden sollen (Zielstellung),</li> <li>- Aufgreifen bzw. Aufwerfen der zentralen Problemfrage durch den L.</li> </ul>	<p>Schülerzeichnungen</p>  <p>Begriffssammlung</p>
<p><b>2. Aufstellen von Vermutungen *</b></p> <p>Überprüfen der Vermutung durch Langzeitexperiment</p>	<p><u>UG:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S äußern, diskutieren ihre Vermutungen,</li> <li>- Steuerung durch L, z.B.: „Was geschieht mit dem Pfützenwasser, das nicht in den Boden sickert?“.</li> </ul> <p>► <b>Aus der Praxis:</b> <u>Schülervermutung (u.a.)</u> „Das Pfützenwasser verwandelt sich (verdunstet) zu Wasserdampf/ zu einem Gas und steigt nach oben in den Himmel.“</p>	
<p><b>3. Planen und Ansetzen des Langzeitexperimentes *</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gemeinsames Planen und Ansetzen eines Experimentes</li> <li>- mögliche Impulsgebung durch L, z.B. Zeigen von Versuchsmaterialien</li> <li>- Auswerten der Beobachtungsergebnisse in der 4. Doppelstunde</li> </ul>	<p>Modellversuch „Wasserkreislauf“ (Langzeitexperiment)</p> 
<p><b>4. Erfassen des Vorwissens der Schüler zu den Aggregatzuständen des Wassers *</b></p>	<p><u>Ordnungsaufgabe mit anschließendem UG:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S sitzen im Stuhlkreis,</li> <li>- ungeordnetes Präsentieren von Bild- und Begriffskarten (eventuell zusätzliches Zeigen von Realobjekten),</li> <li>- Aufgabenstellung: „Ordnet die Bilder, Begriffe und Pfeile zu einer Übersicht an. Sie soll zeigen, wie Wasser sich verwandeln kann! Erklärt anschließend eure Übersicht!“</li> </ul>	<p>Bild- und Begriffskarten zu den Aggregatzuständen des Wassers und den Aggregatzustandsänderungen <i>AM S. 20 - 25</i></p> <p>Eiswürfel, Leitungswasser, siedendes Wasser im Wasserkocher</p>

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mehrere S unterbreiten ihre Vorschläge,</li> <li>- Diskussion, gegebenenfalls Nachfragen durch den L.</li> </ul> <p><u>L gibt die Ziele für die 2. und 3. Doppelstunde bekannt:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erkunden, wie sich Wasser in die drei verschiedenen Aggregatzustände umwandeln lässt,</li> <li>- Zusammenfassen der Ergebnisse in einer Übersicht unter Nutzung der Bild- und Begriffskarten.</li> </ul>	  

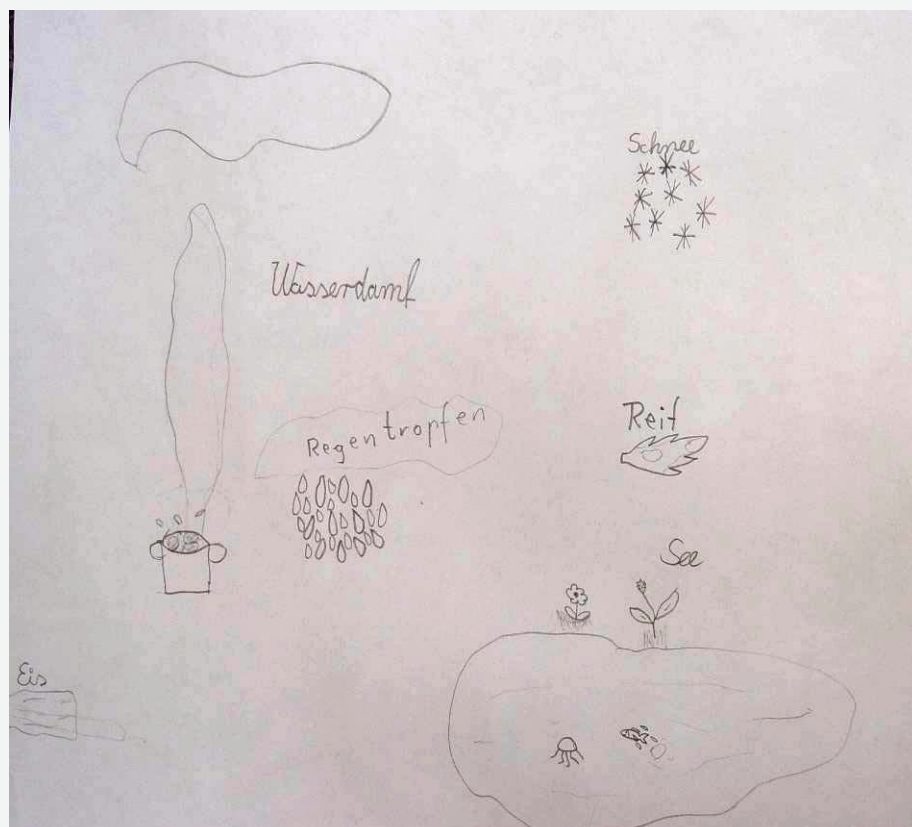
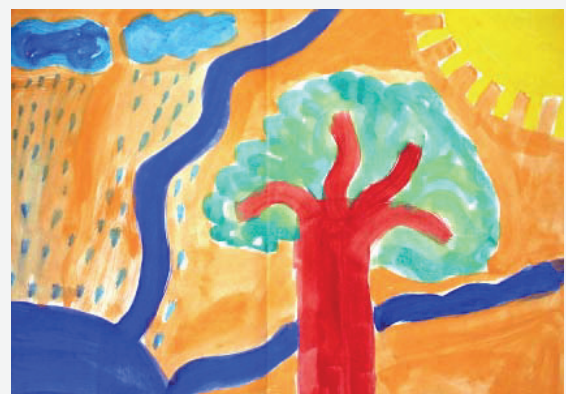
(Einstiegsidee in Anlehnung an WICHMANN [WICHMANN 2003])

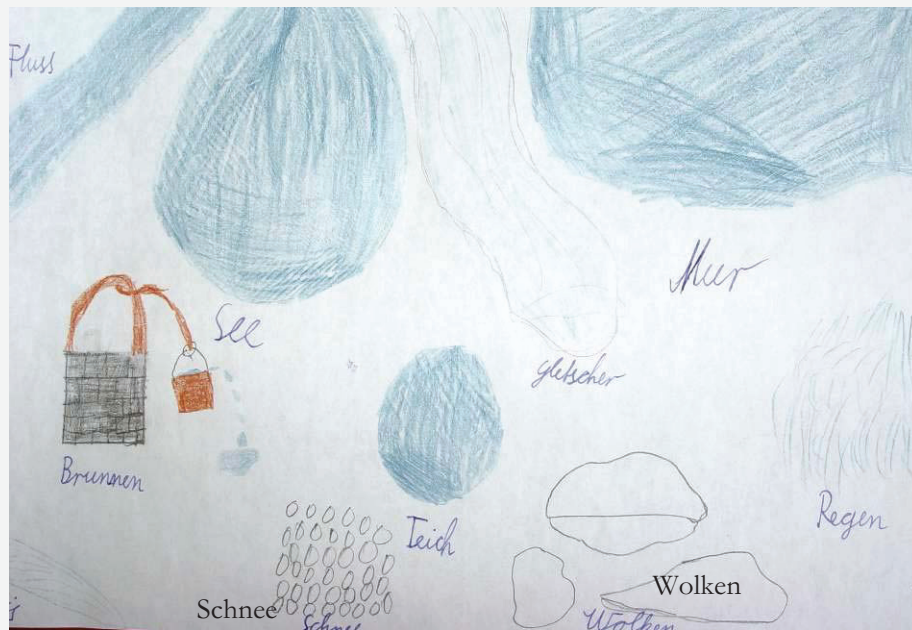


## Zu 1.1 Motivation und Vorbereitung der Schüler auf die neue UE

### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung fertigten die Schüler zum Thema „Wo und als was kann Wasser überall in der Natur vorkommen?“ u.a. folgende Zeichnungen an:







### Zu 1.3. Erstellen eines „Fragekataloges“ zum Thema Wasser

#### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung formulierten die Schüler in Gruppenarbeit folgende Fragen zum Thema Wasser:

- |  |   |
|--|---|
| „Warum gibt es Wasser?“ (2x)                           | „Wie sind die Vertiefungen entstanden, so dass das Wasser dort hin kann?“ |
| „Wo und wann kam das Wasser auf die Erde?“/            | „Warum fließt Wasser durchs Meer/ Fluss?“                                 |
| „Wo kommt es her?“/ „Wie ist es entstanden?“ (8x)      | „Wohin geht das Wasser aus dem Fluss?“                                    |
| „Wer hat Wasser erfunden/ zuerst entdeckt?“ (2x)       | „Wie kommt das Wasser von einem Wasserfall wieder nach oben?“             |
| „Warum ist Wasser so flüssig?“                         | „Wie ist das Meer/ der Ozean entstanden?“ (2x)                            |
| „Warum gefriert Wasser?“                               | „Wieso wird das Wasser in den Ozeanen nie leer?“                          |
| „Wie entsteht Eis?“                                    | „Warum ist das Grundwasser unter der Erde?“                               |
| „Warum ist Eis so glatt?“                              | „Wie entsteht Grundwasser?“   |
| „Wie entsteht Nebel?“                                  | „Wo geht das Grundwasser hin?“  |
| „Wie entsteht ein Wasserfall?“                         | „Wie entsteht eine Quelle?“ (2x)  |
| „Was ist Raureif und wie entsteht er?“                 | „Wie kommt das Wasser in die Gletscher?“                                  |
| „Wie entsteht Dampf beim Kochen?“                      | „Wie viel Liter Wasser gibt es auf der Erde?“                             |
| „Wieso geht der Wasserdampf nach oben?“                | „Warum regnet es im Regenwald so viel und in der Wüste nicht?“            |
| „Was passiert mit der Pfütze, wenn die Sonne scheint?“ | „Warum brauchen Lebewesen Wasser?“  |
| „Ist im Himmel auch Wasser?“                           | „Warum brauchen wir Wasser?“ (2x)   |
| „Warum ist in den Wolken Wasser?“                      | „Wie viel Wasser passt in die menschliche Blase?“                         |
| „Warum gibt es Wolken mit Regen?“                      | „Warum können Lebewesen im Wasser schwimmen?“                             |
| „Wie kommt der Regen in die Wolken?“                   | „Warum gehen Schiffe in tiefem Wasser nicht unter?“                       |
| „Warum gibt es Regen?“                                 | „Warum entsteht ein Regenbogen, wenn Sonne und Regen sich treffen?“       |
| „Warum gibt es Wolken?“                                |   |
| „Wie entstehen Wolken?“                                |   |
| „Wie kam das Salz in das Meer/ Wasser?“ (2x)           |   |
| „Wie wurde das Wasser süß?“                            |   |

In dieser Unterrichtskonzeption stehen die Aggregatzustände des Wassers sowie die jeweiligen Aggregatzustandsänderungen innerhalb des Wasserkreislaufes im Vordergrund. Deshalb wurde den Schülern die Beantwortung der fett gedruckten Fragen als Zielstellung dieser Unterrichtseinheit bekannt gegeben.

### Zu 3. Planen und Ansetzen des Langzeitexperimentes

#### Materialien

pro Klasse:

- große durchsichtige Schale,
- kleines Glasschälchen,
- Erde,
- Pflanzen (z.B. Moos),
- Spielzeug (Tiere, Mensch),
- Wasser,
- Frischhaltefolie.

#### Vorbereitung und Durchführung

Da dieses Modellexperiment den Wasserkreislauf auf der Erde veranschaulichen soll, wird die große Schale symbolhaft mit Pflanzen, Tieren und Menschen, Erde und Steinen ausgestattet. In die Mitte wird ein kleines Schälchen mit Wasser gestellt (Bild 1). Entsprechend der zentralen Problemfrage stellt es das Pfützenwasser dar. Anschließend wird die große Schale mit Frischhaltefolie abgedeckt und an einen sonnigen Ort gestellt.

Wenige Tage später bilden sich auf der Unterseite der Folie Wassertropfen, zunächst kleine und dann größere.

Bei Bedarf lässt sich ein Beobachtungsergebnis beschleunigen. Das kleine Schälchen wird mit sehr warmem Wasser gefüllt. Nachdem die große Schale mit Folie abgedeckt wurde, stellt man sie an einen schattigen bzw. kühleren Ort. Als weitere Möglichkeit kann das Wasser durch eine Rotlicht- oder Fotolampe (symbolhaft als Sonne) eine Zeit lang erwärmt werden. Der Wasserdampf kondensiert relativ schnell auf der Unterseite der Folie und man kann das Ergebnis den Schülern präsentieren.



#### **Didaktisch-methodische Hinweise:**

Bei der Erarbeitung des Wasserkreislaufes in der 4. Doppelstunde können anhand des Modells weitere Orte der Verdunstung (z.B. Meer, Fluss, Boden, Pflanzen) besprochen und veranschaulicht werden.

#### Zu 4. Erfassen des Vorwissens der Schüler zu den Aggregatzuständen des Wassers

► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung schlugen einzelne Schüler z.B. folgende Übersichten vor.

a)



Die Pfeile wurden vom Schüler nicht verwendet.

b)

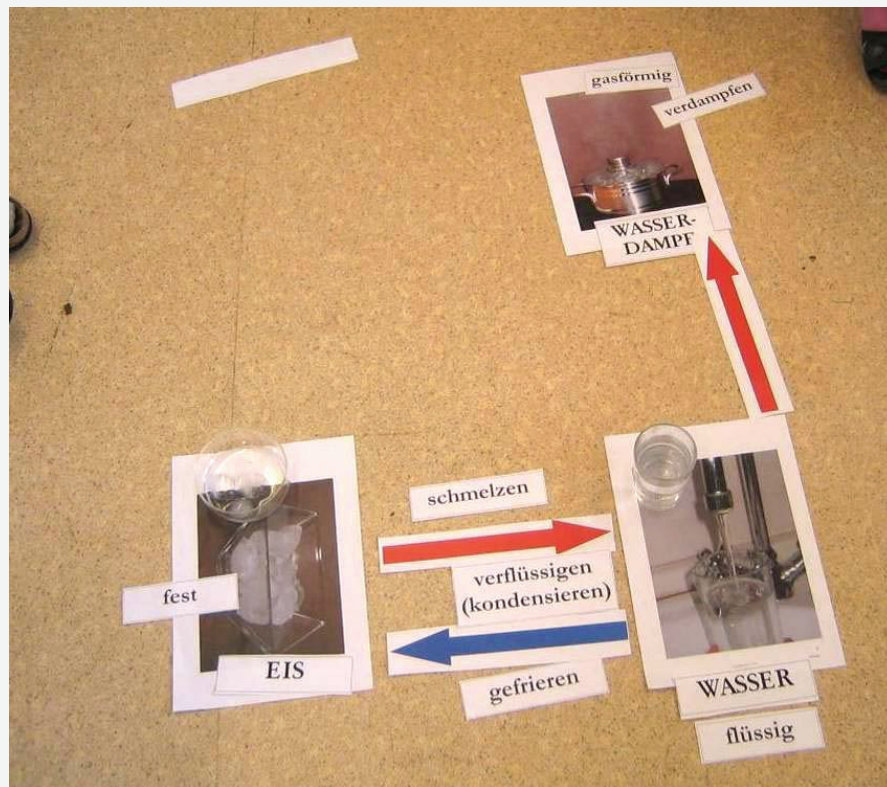


Der Schüler verwendete die Pfeile unter folgendem Aspekt:

„Der rote Pfeil gehört zu Wasserdampf, weil Wasserdampf heiß ist. Der blaue Pfeil ist bei Eis, weil Eis ja kalt ist. Und der rote und blaue Pfeil sind bei flüssigem Wasser, weil Wasser aus der Leitung warm oder kalt sein kann.“



c)



Der Schüler gab den Pfeilen folgende Bedeutung:

„Der rote Pfeil ist für das Schmelzen, denn Eis schmilzt, wenn es warm wird. Der blaue Pfeil ist für Gefrieren. Wasser in der Tiefkühltruhe oder im Winter, wenn es kalt ist, gefriert dann zu Eis. Der rote Pfeil zwischen Wasser und Wasserdampf ist da, weil Wasser sich zu Wasserdampf verwandelt, wenn es ganz heiß gemacht wird.“

Wie in der UE 2 „Körper und Stoffe“ zeigte sich auch hier, dass die Schüler an Ordnungsaufgaben mit einer relativ offenen Aufgabenstellung sehr viel Spaß haben. Es wurde bewusst darauf verzichtet, die Erklärungen der Kinder mit richtig oder falsch zu bewerten. Die Schüler wurden lediglich dazu aufgefordert, ihre Zuordnungen zu begründen bzw. zu erklären und gegebenenfalls weitere Ideen aufzuzeigen.

In der Unterrichtserprobung gaben alle Schüler, ohne Vorgabe des Lehrers, den Pfeilen folgende Bedeutung (sofern diese benutzt wurden):

roter Pfeil = Wärme/ Hitze/ Erwärmung,

blauer Pfeil = Kälte/ Abkühlung.

Die Begriffe Verflüssigen und Kondensieren waren den Schülern weniger geläufig bzw. völlig unbekannt und wurden daher unsicher hin- und hergeschoben.

## 2. Doppelstunde



### Lerninhalte/ Lernziele:

#### 1) Aggregatzustände und Aggregatzustandsänderungen des Wassers




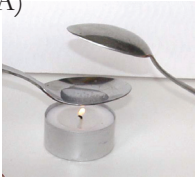

Die Schüler sollen

- Eis (und Schnee), Wasser und Wasserdampf als Erscheinungsformen des Wassers erkennen und benennen können,
- Eis (und Schnee), Wasser und Wasserdampf den Aggregatzuständen fest, flüssig bzw. gasförmig zuordnen können,
- in Experimenten die Aggregatzustandsänderungen Schmelzen, Gefrieren (Erstarren), Sieden und Kondensieren (Verflüssigen) bewusst erfahren,
- wissen, dass Wärmezufuhr bzw. Wärmeentzug (Abkühlung) Voraussetzungen für die jeweiligen Aggregatzustandsänderungen sind.

**Wichtige Vorkenntnis:** Merkmale der Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig.








Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel	
1. Wiederholung: Aggregatzustände des Wassers *	<u>Aufgabenstellung:</u> „Ordnet die Begriffskarten den entsprechenden Bildkarten zu!“  - Ein oder mehrere S lösen die Aufgabe an der Tafel. - Übersicht bleibt an der Tafel und wird im 2. Unterrichtsabschnitt schrittweise ergänzt.	Bild- und Begriffskarten: Eis, Wasser, Wasserdampf, fest, flüssig, gasförmig <i>AM S. 20 - 24</i>	
2. Erkunden der Aggregatzustandsänderungen des Wassers  2.1. Schmelzen von Eis durch Wärmezufuhr *	<u>Zielangabe:</u> „Wie lässt sich Wasser in die drei verschiedenen Aggregatzustände umwandeln?“  - L: „Kann sich Eis zu flüssigem Wasser ‚verwandeln‘ und wenn ja, wie?“ <b>► Aus der Praxis:</b> <u>Schülervorschläge</u> Eiswürfel in der Schale: a) im Klassenraum stehen lassen, b) in die Sonne stellen, c) auf die Heizung stellen, d) mit heißem Wasser begießen, e) Eiswürfel in die Hand nehmen.  - gemeinsames Ausprobieren der Schülervorschläge  - L-Vorschlag: Erhitzen von Eis im Dosenbrenner bzw. auf Stativbrücke  - Auswerten und Vergleichen der Beobachtungsergebnisse - Darstellen und Zusammenfassen der Erkenntnis in der Tafelübersicht mithilfe eines Pfeils und der entsprechenden Begriffskarte, ST	LDE/ SDE: <u>Materialien</u> pro Klasse: - Eiswürfel, - mehrere Glasschälchen, - heißes Wasser im Wasserkocher.  SE (PA/ GA)   Pfeilkarte:  <i>Pfeile siehe AM S. 25</i> Begriffskarte: <table border="1"><tr><td>schmelzen</td></tr></table>  <u>Ergänzungsexperiment:</u> Schmelzen von Schnee	schmelzen
schmelzen			

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel	
2.2. Gefrieren (Erstarren) von Wasser durch Wärmeentzug (bei Abkühlung) *	<p>- L: „Kann sich flüssiges Wasser wieder zu Eis zurück ‚verwandeln‘ und wenn ja, wie?“</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b></p> <p><u>Schülervorschläge</u></p> <p>a) „Wir können das Wasser in einen Behälter füllen und in das Tiefkühlfach vom Kühlschrank stellen.“</p> <p>b) „Im Winter, wenn es sehr kalt ist, kann das Wasser draußen zu Eis gefrieren.“</p> <p>- gemeinsames Ausprobieren der Schülervorschläge und/ oder</p> <p>- L präsentiert S bereits gefrorenes Wasser.</p> <p>- S fühlen, wie kalt das Eis ist.</p> <p>- Auswerten der Beobachtungsergebnisse</p> <p>- Darstellen und Zusammenfassen der Erkenntnis in der Tafelübersicht mithilfe eines Pfeils und der entsprechenden Begriffskarte, ST</p> <p>- Wiederholen des Unterschieds zwischen fest und flüssig am Beispiel des Wassers</p>	<p>LDE/ SDE: flüssiges Wasser in unterschiedlich geformte Behälter füllen und in ein Tiefkühlfach stellen (bei Außentemperaturen unter 0 °C ins Freie stellen)</p> <p>Pfeilkarte: </p> <p>Begriffskarte: <table border="1"><tr><td>gefrieren (erstarren)</td></tr></table></p> <p>AM S. 34</p>	gefrieren (erstarren)
gefrieren (erstarren)			
2.3. Sieden von Wasser durch Wärmezufuhr *	<p>- L: „Kann sich Wasser zu Wasserdampf ‚verwandeln‘ und wenn ja, wie?“</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b></p> <p><u>Schülervorschläge</u></p> <p>„Man muss das Wasser ganz heiß machen, z.B. im Kochtopf oder im Wasserkocher.“</p> <p>- L bringt Wasser im Wasserkocher bzw. Kochtopf zum Sieden.</p> <p>- L-Vorschlag: Erhitzen von Wasser im Teelöffel mithilfe einer Kerzenflamme</p>	<p>LDE: <u>Materialien</u> pro Klasse:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Wasser,</li><li>- Wasserkocher oder</li><li>- Topf, Dreifuß, Campingkocher, Feueranzünder.</li></ul> <p>SE (EA/ PA)</p> <div></div> <div></div> <div></div>	

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
2.4. Kondensieren von Wasserdampf bei Wärmeentzug (bei Abkühlung) *	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auswerten der Beobachtungsergebnisse</li> <li>- Darstellen und Zusammenfassen der Erkenntnis in der Tafelübersicht mithilfe eines Pfeils und der entsprechenden Begriffskarte, ST</li> <li>- L: „Kann sich Wasserdampf auch wieder zu flüssigem Wasser ‚verwandeln‘ und wenn ja, wie?“</li> </ul> <p>► <b>Aus der Praxis:</b> Da den Schülern der Vorgang des Kondensierens noch unbekannt war, wurden die Versuche vom Lehrer initiiert.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L bzw. S führen verschiedene Versuche zur Kondensation von Wasserdampf durch.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auswerten der Beobachtungsergebnisse</li> <li>- L führt Begriff Kondensieren ein.</li> <li>- Darstellen und Zusammenfassen der Erkenntnis in der Tafelübersicht mithilfe eines Pfeils und der entsprechenden Begriffskarte, ST</li> </ul>	<p>Pfeilkarte: </p> <p>Begriffskarte: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">sieden</div></p> <p>LDE mit ST  </p> <p>SE (PA/ GA) </p> <p>Pfeilkarte: </p> <p>Begriffskarte: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">kondensieren (verflüssigen)</div></p>
3. Sicherung/ Festigung *	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L verdeckt die Tafelübersicht.</li> <li>- S lösen Aufgaben auf dem SB.</li> <li>- S vergleichen ihre Übersicht mit dem wieder sichtbaren Tafelbild.</li> <li>- L befestigt an der Tafel ungeordnet Bildkarten, die jeweils ein Beispiel für Wärmezufuhr bzw. Wärmeentzug (Abkühlung) darstellen.</li> </ul> <p><u>Aufgabenstellung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- „Ordnet die Bildkarten dem entsprechenden Pfeil (blau bzw. rot) zu. Begründet eure Zuordnung!“</li> <li>- Ein oder mehrere S lösen Aufgabe an der Tafel.</li> </ul>	<p>SB S. 44 - 45 „Wie lässt sich Wasser in die drei Aggregatzustände umwandeln?“, Aufgaben 1 - 4 Tafelübersicht</p> <p>AM S. 27 - 33</p>

## Zu 1. Wiederholung: Aggregatzustände des Wassers

Die Bild- und Begriffskarten können vom Lehrer mittels Magneten an der Tafel befestigt werden (Bilder 1 und 2). Ein oder mehrere Schüler sollen die ungeordneten Begriffskarten den entsprechenden Bildern zuordnen (Bild 1 nachher).

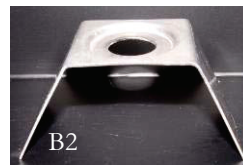
<p>B1 vorher</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>	<p>B2 vorher</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px; text-align: center;">WASSER</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">WASSER-DAMPF</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">fest</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">gasförmig</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">flüssig</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">EIS</div> </div>
	
<p>B1 nachher</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">EIS</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">WASSER</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">WASSER-DAMPF</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">fest</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">flüssig</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">gasförmig</div> </div>	<p>B2 nachher</p>

## Zu 2.1. Schmelzen von Eis durch Wärmezufuhr

### Materialien

pro Schülerpaar/ pro Gruppe:

- Dosenbrenner (Bild 1) oder Stativbrücke aus Aluminium (Bild 2),
- Teelichtgehäuse,
- Teelicht,
- Feueranzünder,
- Eiswürfel (Bild 3), (Schnee).



### Durchführung

Das Aluminiumgehäuse eines Teelichts dient als „Kochtopf“. Dahinein legt man einige kleine Eiswürfelstückchen. Die Eiswürfel müssen gegebenenfalls vorher zerkleinert werden. Das Teelicht wird angezündet und unter den Dosenbrenner bzw. unter die Stativbrücke gestellt (Bild 4).

### Beobachtung

Die Eiswürfel schmelzen in wenigen Sekunden zu Wasser. Achtung! Dosenbrenner bzw. Stativbrücke und das Teelichtgehäuse werden sehr heiß.





### Didaktisch-methodische Hinweise:

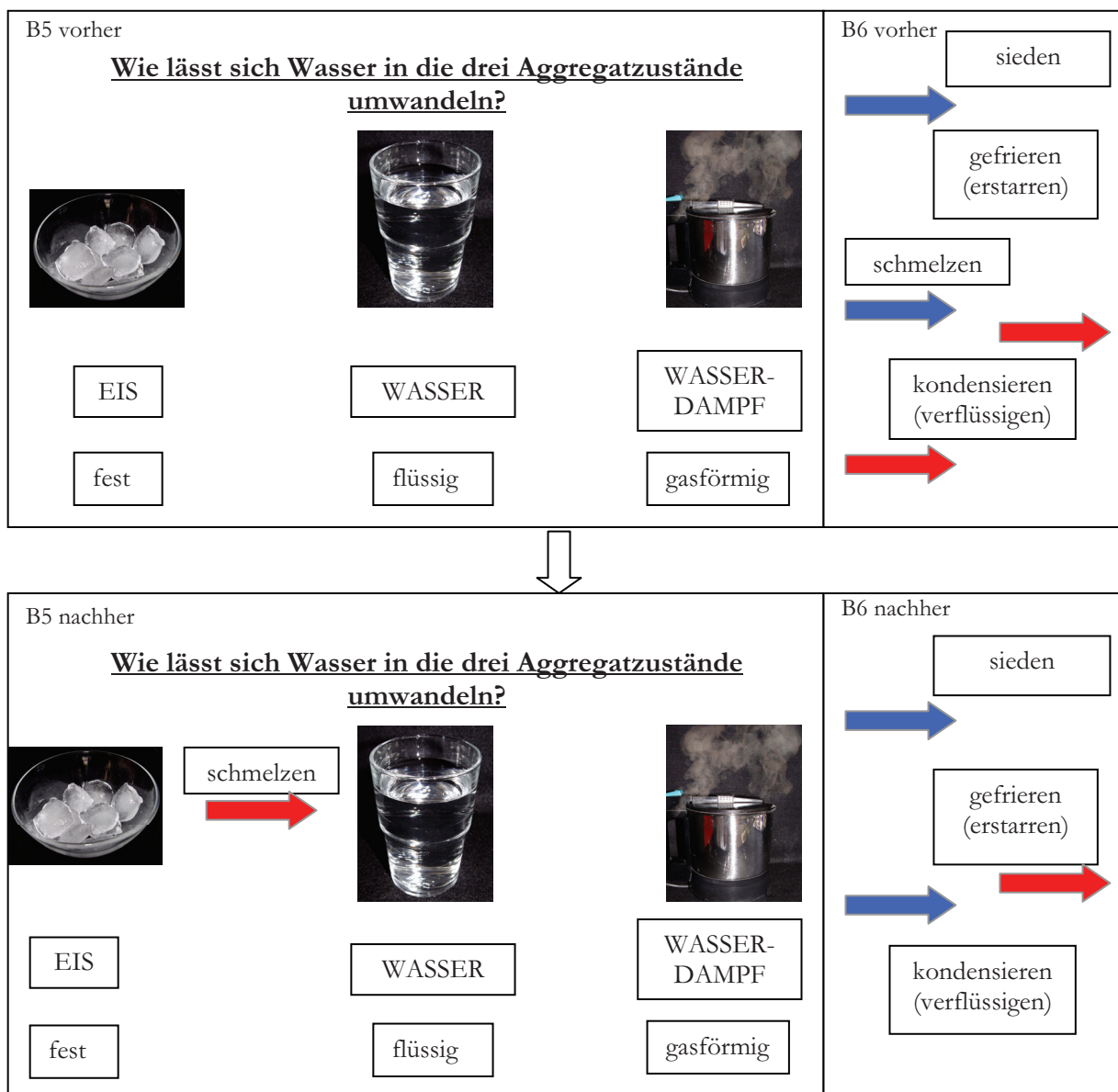
Liegt zum Zeitpunkt der Unterrichtseinheit Schnee, können die Kinder zusätzlich Schnee im Dosenbrenner zum Schmelzen bringen.

Stativbrücken aus Aluminium kann man beispielsweise im Lehrmittelkatalog von Cornelsen bestellen („Natur und Technik“, Physik, Chemie, Biologie und Technik, Cornelsen Experimenta, 2008). Alternativ können auch selbst angefertigte Dosenbrenner verwendet werden. Eine leere und gereinigte Getränkedose wird mit einer Schere in der Mitte durchgeschnitten (Vorsicht: Scharfe Kanten!). Auf der Unterseite besitzt die Dose eine Mulde. Diese soll nach oben zeigen. Anschließend schneidet man zwei bis drei V-förmige Einschnitte in die Dosenwand. Sie dienen der Luftzufuhr für das brennende Teelicht. Stoffproben, die erhitzt werden sollen, können direkt in die Mulde gegeben werden. Stoffproben können aber auch in ein Teelichtgehäuse gefüllt und anschließend auf die Mulde gestellt werden.

### Auswertung

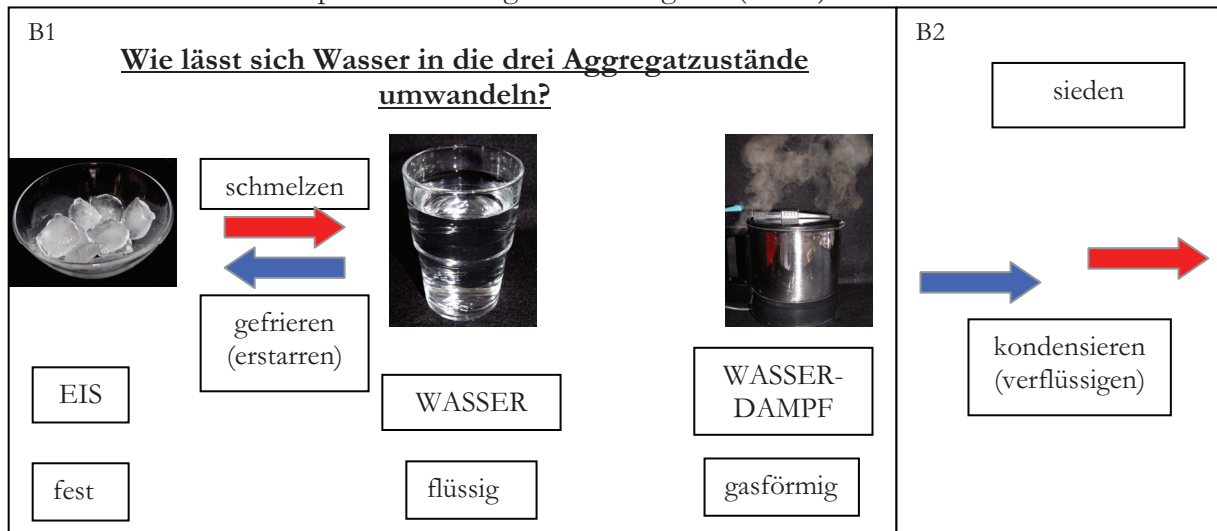
Der Lehrer befestigt an der Tafel weitere ungeordnete Begriffskarten sowie zwei blaue und zwei rote Pfeile (Bild 6 vorher). Ein Schüler stellt das Versuchsergebnis mithilfe eines Pfeils und der entsprechenden Begriffskarte in der Übersicht an der Tafel dar (Bild 5 nachher).

Vergleichend mit den vorangegangenen Versuchen (z.B. Schmelzen von Eis in der Hand oder durch Sonnenstrahlung) kann zusätzlich herausgestellt werden, dass eine stärkere Wärmezufuhr ein schnelleres Schmelzen des Eises zur Folge hat.



## Zu 2.2. Gefrieren (Erstarren) von Wasser durch Wärmeentzug (bei Abkühlung)

Die Übersicht an der Tafel wird nach Auswertung der Beobachtungsergebnisse durch einen blauen Pfeil und der entsprechenden Begriffskarte ergänzt (Bild 1).



## Zu 2.3. Sieden von Wasser durch Wärmezufuhr

### Materialien

pro Schüler/ Schülerpaar:

- Teelicht,
- Teelöffel,
- Feueranzünder,
- Unterlage zum Abkühlen des Teelöffels.

pro Klasse/ Bank:

- Glas mit Wasser (Pipette).

### Durchführung

Mit einer Pipette werden einige wenige Wassertropfen auf den Teelöffel gegeben. Anschließend wird das Wasser über dem brennenden Teelicht erhitzt (Bild 1).

### Beobachtung

Beim Erhitzen bilden sich im Wasser zunächst kleine Bläschen (Luftbläschen). Siedet das Wasser, steigen große Blasen (gefüllt mit nicht sichtbarem Wasserdampf) auf. Über dem siedenden Wasser steigt eine sichtbare Dampf Wolke auf.

### ► Aus der Praxis:

In der Unterrichtserprobung fragten die Schüler häufig, warum der Teelöffel während des Erhitzens auf der Unterseite schwarz geworden ist. Den Schülern wurde mitgeteilt, dass beim Brennen einer Kerze oft Ruß, also Kohlenstoff, entsteht.

### Fachliche Hinweise:

Sieden und Verdunsten sind zwei unterschiedliche Verdampfungsformen. Unter Verdampfen versteht man allgemein den Übergang einer Flüssigkeit oder eines Flüssigkeitsgemisches in den gasförmigen Aggregatzustand. Das Sieden eines Stoffes erfolgt durch Aufnahme thermischer Energie (Verdampfungswärme) bei einer bestimmten Temperatur – der Siedetemperatur (Siedepunkt, Kochpunkt). Die Siedetemperatur ist von der Art des Stoffes und vom äußeren Druck abhängig. Das Sieden vollzieht sich in allen Teilen der Flüssigkeit unter Bildung von Dampfblasen. Im Gegensatz zum Sieden geht beim Verdunsten eine Flüssigkeit bei Temperaturen unterhalb des Siedepunktes in den gasförmigen Aggregatzustand über. Das Verdunsten vollzieht sich nur an der Oberfläche der Flüssigkeit. Die zum Verdunsten benötigte Energie wird der Umgebung entzogen. Diese kühlt dabei ab.



B1

### Auswertung

Die Übersicht an der Tafel wird nach Auswertung der Beobachtungsergebnisse durch einen roten Pfeil und der dazugehörigen Begriffskarte ergänzt (Bild 2).



### Zu 2.4.      Kondensieren (Verflüssigen) von Wasserdampf bei Wärmeentzug

#### Materialien

pro Klasse:

- Wasser im Wasserkocher und/ oder
- Kochtopf, Dreifuß, Campingkocher (Bild 1) und/ oder
- Teekanne mit Stövchen, Teelicht (Bild 2),
- Feueranzünder
- mehrere Esslöffel oder Handspiegel.



#### Durchführung

Nachdem das Wasser im Wasserkocher, Kochtopf bzw. in der Teekanne zum Sieden gebracht worden ist, wird der aufsteigende Wasserdampf an unterschiedlichen Gegenständen zum Abkühlen gebracht, z.B. Deckel, Esslöffel oder Handspiegel.



#### Beobachtung

Die Unterseite der Gegenstände beschlägt (Bild 3). Nach kurzer Zeit erkennt man kleine Wassertropfen und schließlich größere. Teilweise sieht man flüssiges Wasser von den Gegenständen herunter tropfen.

Alternativ oder ergänzend kann ein Schülerversuch durchgeführt werden.

#### Materialien

pro Schülerpaar/ Gruppe:

- Teelicht,
- Feueranzünder,
- Teelöffel/ Stativbrücke mit Teelichtgehäuse,
- Glasplatte (z.B. Objektträger).



#### Durchführung

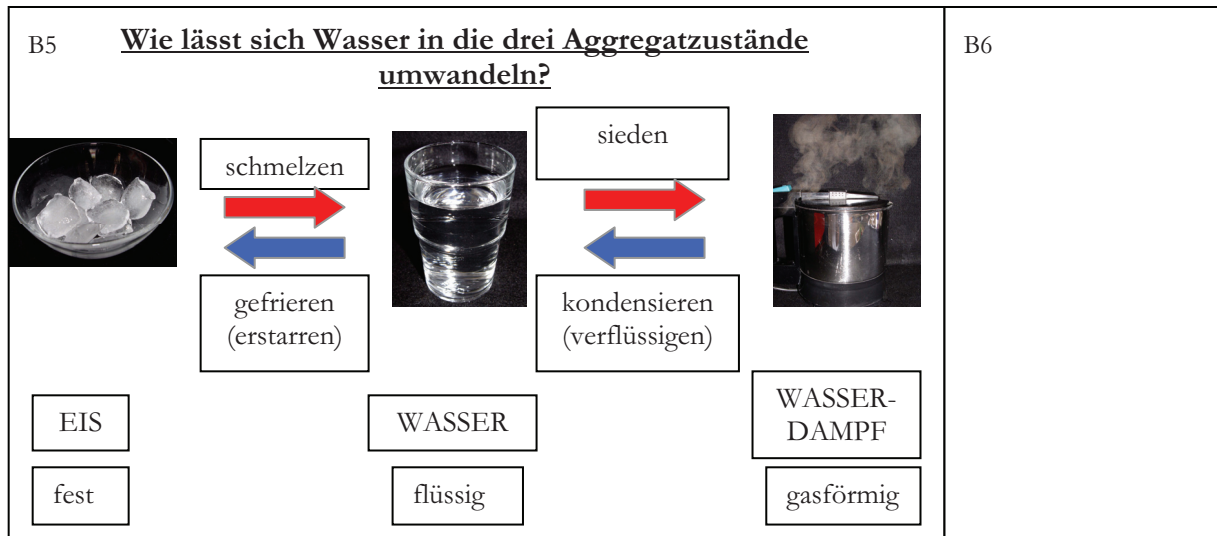
Auf einem Teelöffel bzw. im Teelichtgehäuse auf der Stativbrücke wird etwas Wasser über einer Kerzenflamme erhitzt. Über das verdampfende Wasser hält man einen Löffel oder eine Glasplatte (Bilder 3 und 4).

#### Beobachtung

Nach kurzer Zeit erkennt man auf der Unterseite des Löffels bzw. der Glasplatte Wassertropfen.

### Auswertung

Die Übersicht an der Tafel wird mit einem blauen Pfeil und der entsprechenden Begriffskarte vervollständigt (Bild 5).



#### ► Aus der Praxis:

Den Schülern fiel es schwer nachzuvollziehen, dass die Abkühlung von Wasserdampf Ursache für die Kondensation zu flüssigem Wasser ist. Die Schüler begründeten ihre Zweifel damit, dass die Gegenstände in den Experimenten, an denen Wasserdampf kondensiert ist (Löffel, Spiegel, Deckel) ebenfalls heiß sind bzw. werden. Stattdessen erklärten die Schüler das Bilden von Wassertropfchen z.B. folgendermaßen:

„Das Wasser ist wieder flüssig geworden, weil so wenig Platz war.“ (Der Löffel wurde im Schülerexperiment teilweise sehr dicht über den aufsteigenden Wasserdampf gehalten.)

„Der Löffel ist beschlagen, weil er so eine gewölbte Form hat.“

Es empfiehlt sich, die Kondensation von Wasserdampf in unterschiedlichen Experimenten mit verschiedenen Gegenständen zu zeigen.



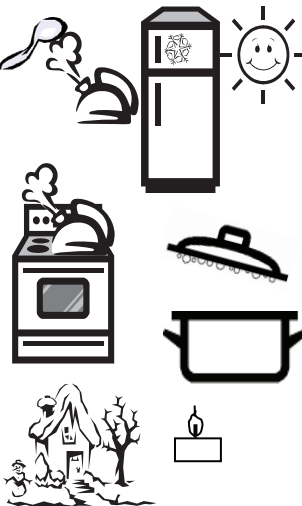
Im Unterrichtsgespräch wurde die Bedeutung des Begriffes Abkühlung vom Lehrer erklärt:

„Wasser siedet bei einer ganz bestimmten Temperatur. Sobald diese Temperatur etwas niedriger wird, spricht man von Abkühlung (auch wenn wir diese Temperatur als heiß empfinden) und Wasserdampf kondensiert wieder. Bei welcher Temperatur Wasser siedet, ermitteln wir in der nächsten Doppelstunde.“



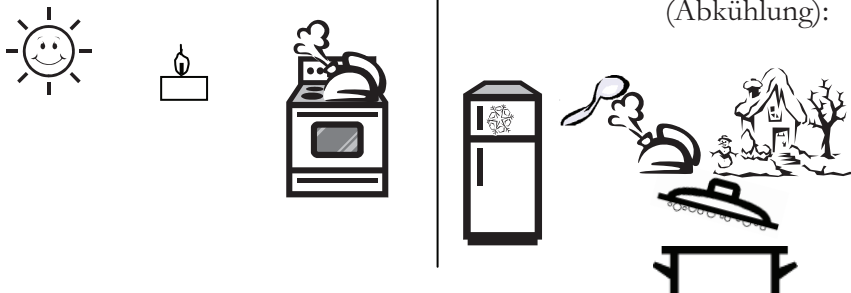
### Zu 3. Sicherung/ Festigung

Der Lehrer befestigt an der Tafel ungeordnet verschiedene Bildkarten. Diese stellen entsprechend der durchgeführten Experimente zu den Aggregatzustandsänderungen Möglichkeiten der Wärmezufuhr bzw. des Wärmeentzugs dar (Bild 2 vorher).

Die Schüler erhalten die Aufgabe, die Bilder den richtigen Pfeilen (Bild 1 vorher) zuzuordnen und ihre Zuordnung zu begründen.

<p>B1 vorher</p> <p><b><u>Wie lässt sich Wasser in die drei Aggregatzustände umwandeln?</u></b></p> <div> roter Pfeil = Wärmezufuhr:</div> <div> blauer Pfeil = Wärmeentzug (Abkühlung):</div>	<p>B2 vorher</p> 
--	--



<p>B1 nachher</p> <p><b><u>Wie lässt sich Wasser in die drei Aggregatzustände umwandeln?</u></b></p> <div> roter Pfeil = Wärmezufuhr:</div> <div> blauer Pfeil = Wärmeentzug (Abkühlung):</div> 	<p>B2 nachher</p>
--	-------------------



### 3. Doppelstunde


#### Lerninhalte/ Lernziele:

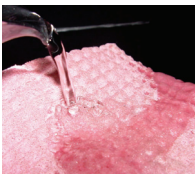

#### 1) Aggregatzustände und Aggregatzustandsänderungen des Wassers

Die Schüler sollen

- sich im Umgang mit dem Thermometer üben,
- die Schmelz- und Siedetemperatur des Wassers experimentell ermitteln,
- zwischen Sieden und Verdunsten von Wasser anhand von Alltagsbeispielen unterscheiden können,
- Verdampfen als Oberbegriff für Sieden und Verdunsten kennen lernen,
- Wasserdampf als farbloses Gas kennen lernen und mit anderen gasförmigen Stoffen (Luft, Kohlendioxid) vergleichen.

**Wichtige Vorkenntnis:** Merkmale des gasförmigen Aggregatzustandes (phänomenologisch).

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Wiederholung: Aggregatzustandsänderungen des Wassers</b>	<u>Aufgabenstellung:</u> „Ordnet die Bild- und Begriffskarten zu einer Übersicht an. Sie soll zeigen, wie Wasser sich in die drei Aggregatzustände ‚verwandeln‘ kann.“  - Ein oder mehrere S lösen die Aufgabe an der Tafel.	Bild- und Begriffskarten, rote und blaue Pfeile <i>AM S. 20 - 25</i>
<b>2. Bestimmen der Schmelz- und Siedetemperatur von Wasser</b> 2.1. Umgang mit dem Thermometer  2.2. Bestimmen der Schmelz- und Siedetemperatur von Wasser *	- Bereitstellen der Grundlagen (Einführung bzw. Wiederholung) - S lösen Aufgaben auf dem SB.  - experimentelles Ermitteln der Schmelz- und Siedetemperatur von Wasser  <u>Auswerten der Beobachtungsergebnisse:</u> - S zeichnen mithilfe der Messergebnisse auf dem SB ein Diagramm, - S ergänzen auf dem SB den Schmelz- und Siedepunkt von Wasser, - LV: Gefrierpunkt entspricht dem Schmelzpunkt, Kondensationspunkt entspricht dem Siedepunkt.	Thermometer  <i>SB S. 46 „Wir üben das Ablesen der Temperatur“, Aufgaben 1 - 2</i>  LDE mit ST/ SE (GA)   <i>SB S. 47 „Bestimmen der Schmelz- und Siedetemperatur des Wassers“, Aufgaben 1- 3</i>
<b>3. Sieden und Verdunsten von Wasser</b> 3.1. Einführen des Begriffes Verdunsten *	<u>L initiiert Problemfrage:</u> „Was passiert mit dem Wasser auf der Tafel, nachdem sie nass abgewischt wurde?“ <u>UG:</u> - Einholen von Schülervorstellungen, <b>► Aus der Praxis:</b> Die häufigste Schülervermutung war: „Das Wasser zieht in die Tafel ein.“ Vereinzelt wurde vermutet, dass „das Wasser in die Luft geht“.	LD: - L wischt Tafel feucht ab, - S beobachten den Trocknungsprozess.

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
3.2. Wasserdampf als unsichtbares Gas *	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diskussion,</li> <li>- Überprüfen der Vermutung durch Befeuchten anderer Materialien,</li> <li>- Vergleichen, Auswerten.</li> </ul> <p>- Einführen des Verdunstungsvorganges durch den L, möglicher Einsatz des SB (Informationstext, Übersicht)</p> <p><u>Anwendung:</u> Unterscheiden von Alltagsvorgängen nach Sieden und Verdunsten (Hinweis für die S: Verdampfen als Oberbegriff für Sieden und Verdunsten)</p> <p><u>Anknüpfungsmöglichkeiten:</u> Einfluss von Temperatur, Oberfläche oder Wind auf das Verdunsten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wiederholen der gemeinsamen Merkmale von Gasen</li> <li>- L veranschaulicht, dass Wasserdampf ein farbloses Gas ist.</li> </ul> <p>- Hinweis auf die unterschiedliche Bedeutung des Begriffes „Wasserdampf“ in der Alltags- und Wissenschaftssprache</p> <p><u>wichtiger Hinweis durch den L:</u> „Luft enthält stets gasförmigen, unsichtbaren Wasserdampf. Der Wasserdampfgehalt in der Luft kann unterschiedlich hoch sein (umgangssprachlich: ‚trockene Luft‘, ‚feuchte Luft‘).“</p>	<p>SE (PA/ GA)</p>  <p><i>SB S. 48 „Sieden und Verdunstung von Wasser“; Aufgaben 1 - 2</i> <i>SB S. 48, Aufgabe 3</i></p> <p>LDE Luftballon Mikrowelle <i>AM S. 35 - 36</i></p> 
4. Ergänzung/ Anwendung *	<p><u>Alltagsphänomen:</u> „Warum beschlagen manchmal Brillengläser oder Badspiegel?“</p> <p>- Versuch auch als HA (SE) möglich</p> <p><u>Beantworten der Fragestellung mithilfe der Beobachtungsergebnisse:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- unsichtbarer Wasserdampf in der Luft kondensiert an kalten Gegenständen (z.B. Brillenglas, Badspiegel),</li> <li>- Kondensieren des Wasserdampfes als „Beschlagen der Gegenstände“ sichtbar (winzig kleine Wassertropfchen).</li> </ul>	<p>LDE/ SE (EA):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ein Glasgefäß wird in ein Tiefkühlfach gestellt und nach einiger Zeit herausgeholt (Glaswand beschlägt),</li> <li>- Betrachten der Glaswand mit der Lupe,</li> <li>- mit dem Finger über die Glaswand streichen und anschließend betrachten.</li> </ul>

## Zu 2.2. Bestimmen der Schmelz- und Siedetemperatur von Wasser

### Materialien (Variante a)

pro Klasse:

- Campingkocher,
- Stativ mit Stativfuß und Klemme,
- Dreifuß mit Drahtnetz,
- durchsichtiges Gefäß (z.B. Becherglas),
- Glasstab oder Löffel zum Rühren,
- Thermometer,
- Uhr,
- Feueranzünder,
- zerkleinerte Eiswürfel.

### Durchführung (Variante a)

In das Becherglas gibt man die zerkleinerten Eiswürfel. Das Thermometer wird mit der Klemme so an dem Stativ befestigt, dass es sich ungefähr mittig zwischen den Eiswürfeln befindet (Bild 1). Es sollte nicht den Becherglasboden berühren, da sonst die Temperatur zu schnell ansteigt. Um das zu verhindern, sollten außerdem die Eiswürfelstückchen während des Schmelzvorganges ständig umgerührt werden.

Die erste Temperaturmessung erfolgt unmittelbar nach dem Einfüllen der Eiswürfelstückchen in das Becherglas. Das Ablesen der Temperatur können abwechselnd mehrere Schüler übernehmen. Das Ablesen erfolgt immer in Augenhöhe zur Flüssigkeitssäule.

Nachdem der Brenner vom Lehrer angezündet worden ist, beginnen ein oder mehrere Schüler mit der Zeitmessung. Nach jeweils 1 Minute wird die Wassertemperatur ermittelt. Ein weiterer Schüler kann die Messwerte in einer Tabelle an der Tafel notieren (Bild 2).

Auch wenn das Wasser bereits zu kochen angefangen hat, sollte man noch einige Messungen vornehmen, um den Schülern zu zeigen, dass die Temperatur des Wassers bei weiterer Wärmezufuhr nicht mehr ansteigt.



B1

### ► Aus der Praxis:

Zeit in min	Temperatur in °C
0 (Start)	-5
1	-1
2	0
3	0
4	2
5	6
6	20
7	44
8	64
9	83
10	98
11	100
12	100
13	100

B2

Eine weitere Möglichkeit, die Schmelz- und Siedetemperatur des Wassers zu bestimmen, ist folgende:

#### Materialien (Variante b)

pro Klasse/ Gruppe:

- Glas (z.B. Trinkglas) für Eiskwürfelstückchen,
- zerkleinerte Eiskwürfel,
- Glasstab oder Löffel zum Rühren,
- Wasser in einer etwas größeren Schale oder im Kochtopf (als Wasserbad),
- Wasser im Wasserkocher,
- Reagenzglashalter oder Wäscheklammer,
- Thermometer,
- Uhr.

#### Durchführung (Variante b)

Ermitteln der Schmelztemperatur: Das Eis wird mithilfe eines Wasserbades zum Schmelzen gebracht. Dazu wird ein Glas mit Eiskwürfelstückchen in einen Topf oder eine Schale mit warmem Wasser gestellt (Bild 3). Die Temperaturmessung erfolgt wie bei Variante a) beschrieben, wobei die erste Temperatur abzulesen ist, bevor das Glas in das Wasserbad gestellt wird.

Ermitteln der Siedetemperatur:

Das Wasser wird im Wasserkocher bis zum Sieden erhitzt. Mit Beginn des Versuches wird die Wassertemperatur nach jeweils 1 Minute abgelesen. Dabei wird das Thermometer mit einem Reagenzglashalter oder einer Wäscheklammer in das Wasser gehalten (Bild 4).

#### Beobachtung (Variante a und b)

Die Temperatur, die anfangs im Minusbereich liegt, steigt relativ schnell auf 0 °C an. Während des Schmelzvorganges bleibt die Temperatur gleich. Ist das Eis geschmolzen, steigt die Wassertemperatur gleichmäßig an. Ab etwa 95 °C bis 100 °C steigen große Dampfblasen an die Wasseroberfläche. Es „blubbert“ geräuschvoll. Das Wasser siedet.



#### **Fachliche Hinweise:**

Ab etwa 20 °C erscheinen im Wasser kleine Luftbläschen. Gase, wie z.B. Luft, sind im warmen Wasser weniger gut löslich als im kalten. Deshalb wird die vorher im Wasser gelöste Luft bei zunehmender Erwärmung in Form von Bläschen sichtbar. Die großen und geräuschvoll aufsteigenden Blasen sind dagegen mit gasförmigem Wasserdampf gefüllt. Die Siedetemperatur ist u.a. vom äußeren Druck (Luftdruck) abhängig. Tabellenwerte beziehen sich auf Normbedingungen: Bei einem Luftdruck in Meereshöhe von 1013 hPa beträgt die Siedetemperatur des Wassers 100 °C. Abweichende Messergebnisse können somit Folge des an diesem Tag vorherrschenden Luftdrucks sein. Auch Ablesefehler oder die geringe Genauigkeit von Schülerthermometern können die Messergebnisse beeinflussen.

Während des Schmelz- und Siedevorgangs bleibt die Temperatur konstant. Denn die zugeführte Energie benötigen die Teilchen, um sich voneinander zu entfernen. Beim Schmelzen und Sieden muss Arbeit gegen die Kräfte verrichtet werden, die die Teilchen zusammenhalten.

#### **Didaktisch-methodische Hinweise:**

Da im anschließenden Unterrichtsabschnitt der Unterschied zwischen Sieden und Verdunstung von Wasser erarbeitet wird, empfiehlt es sich, zumindest die Siedetemperatur des Wassers experimentell zu ermitteln. Die Verdunstung von Wasser ist eine wichtige Wissensgrundlage für das Verständnis des Wasserkreislaufes.



### Zu 3.1. Einführen des Begriffes Verdunsten

#### ► Aus der Praxis:

Um die häufige Schülervorstellung, dass das Wasser beim Abwischen einer Tafel in diese „einzieht“ zu „widerlegen“, wurde folgender Versuch durchgeführt. Die Eigenschaften eines Schwammtuchs sollten vor und nach dem Befeuchten mit Wasser beschrieben und verglichen werden.

Vor dem Befeuchten (Bild 1):

S1: „Er fühlt sich trocken und ein bisschen hart an.“

Nach dem Befeuchten (Bild 2):

S2: „Jetzt fühlt es sich nass an und weich. Es wird auch schwerer.“



Mithilfe der Beobachtungsergebnisse sollten die Schüler ihre Vermutung, dass das Wasser in die Tafel einzieht, nochmals überprüfen.

S3: „Ich glaube, das Wasser zieht doch nicht in die Tafel ein, denn sie wird ja trocken und nicht nass. Und die Tafel weicht ja auch nicht auf.“

(Der Unterschied zwischen Sieden und Verdunsten von Wasser wurde auch mit Schülern einer ersten Klasse innerhalb eines anderen Schulprojektes behandelt. Auf die Frage, was mit dem Wasser auf der Tafel geschieht, wenn sie trocknet, vermuteten auch hier viele Schüler, dass es in die Tafel einzieht. Daraufhin meldete sich ein Schüler und meinte: „Das glaube ich nicht, denn dann müsste die Tafel doch wie ein Berg aussehen.“ Im weiteren Unterrichtsgespräch erklärte er: „Wir haben die Tafel doch schon so oft nass abgewischt. Und wenn das ganze Wasser in die Tafel reingeht, dann müsste sie doch immer dicker werden – wie ein Berg.“)

Eine weitere, allerdings weniger häufige Schülervermutung war, dass das Wasser beim Trocknen der Tafel in die Luft gelangt. Diese Vermutung wurde nun vom Lehrer bestätigt. Den Schülern wurde mitgeteilt, dass sich flüssiges Wasser auch allmählich und unter 100 °C (bei Raum- bzw. Umgebungstemperatur) zu gasförmigen Wasserdampf ‚verwandeln‘ kann. Dieser Wasserdampf wird von der Luft aufgenommen und ist nicht sichtbar. Manchmal kann man diesen unsichtbaren Wasserdampf als Luftfeuchtigkeit spüren, z.B. in der Sauna oder im Bad. Von hoher Luftfeuchtigkeit spricht man, wenn die Luft sehr viel Wasserdampf aufgenommen hat.

### Zu 3.2. Wasserdampf als farbloses Gas

Vorab sollten die Merkmale gasförmiger Stoffe nochmals wiederholt werden: Gase haben keine eigene Form, sondern passen sich der jeweiligen Gefäßform an. Außerdem verteilen sie sich immer gleichmäßig in dem zur Verfügung stehenden Raum. Das bedeutet, sie bilden keine begrenzenden (und sichtbaren) Oberflächen aus wie Festkörper oder Flüssigkeiten. Diese Merkmale von Gasen haben die Schüler bereits in den vorangegangenen Unterrichtseinheiten am Beispiel von Luft und Kohlendioxid kennen gelernt. Im folgenden Versuch kann den Schüler Wasserdampf als gasförmiger Stoff veranschaulicht werden.

#### Materialien

pro Klasse:

- Mikrowelle,
- 2 Luftballons (eventuell durchsichtige, z.B. „Crystal Ballons Diamantklar“),
- Spritze (Bild 1) oder Teelöffel,
- Wasser.



#### Durchführung

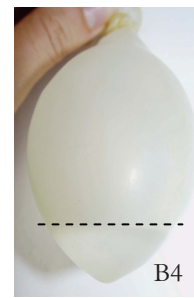
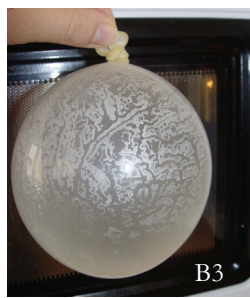
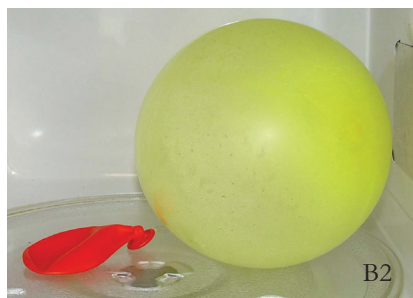
In den einen der beiden Luftballons gibt man mithilfe einer Spritze ca. 4 ml Wasser. Alternativ kann auch 1 Teelöffel Wasser eingefüllt werden. Anschließend wird die restliche Luft aus dem Ballon gedrückt und der Ballon zugeknotet. Der zweite Luftballon bleibt leer und wird ebenfalls verschlossen. Nun legt man beide Ballons auf den Drehteller in die Mikrowelle. Die Mikrowelle wird auf 800 Watt eingestellt und für ca. 2 Minuten gestartet. Anschließend werden beide Ballons miteinander verglichen. Sie können auch aus der Mikrowelle herausgenommen werden, wobei der mit Wasser gefüllte Ballon nur (!) an der Tülle anzufassen ist, da diese im Gegensatz zum



restlichen Ballon nicht heiß wird. Vorsicht! Nicht in die Nähe des Kopfes halten. Denn sollte der Luftballon versehentlich platzen, spritzt heißes Wasser heraus.

#### Beobachtung

Der mit Wasser gefüllte Luftballon bläht sich auf, der leere Ballon dagegen nicht (Bild 2).



#### Auswertung

Das flüssige Wasser wird in der Mikrowelle erhitzt und verdampft dabei zu gasförmigem Wasserdampf. Dieser verteilt sich gleichmäßig im Luftballon. Wasserdampf benötigt viel mehr Platz als die gleiche Menge flüssigen Wassers. (Wasserdampf nimmt das ca. 1700-fache Volumen ein.) Deshalb dehnt sich der Ballon aus. Schaltet sich die Mikrowelle aus, wird der Wasserdampf nicht mehr erhitzt und kühlt ab. Dabei kondensiert er und wird wieder flüssig. Der Luftballon schrumpft und eine größere Menge an flüssigem Wasser wird wieder sichtbar.

Dass sich der gasförmige Wasserdampf beim Abkühlen und Kondensieren zu flüssigem Wasser zurückverwandelt, lässt sich den Schülern besonders gut in einem durchsichtigen Luftballon (Bilder 3 und 4) zeigen. Während dieser Phasenumwandlung wird der Ballon kleiner und die Menge des flüssigen Wassers nimmt zu. Es fließt als Rinnsal in dem Ballon nach unten (Bild 3) und sammelt sich dort, wobei der Flüssigkeitsstand mit der Volumenabnahme des Ballons steigt (Bild 4).

#### Fachliche Hinweise:

Die Kunststoffhülle des Ballons und auch die Luft, die zum Teil noch darin enthalten sein kann (eventuell im zweiten „leeren“ Luftballon), verändern sich in der Mikrowelle nicht. Denn die elektromagnetische Strahlung des Gerätes erwärmt nur so genannte polare Stoffe, wie z.B. Wasser (dipolare Wassermoleküle). Da die Speisen relativ viel Wasser enthalten, können sie so sehr gut erhitzt werden.

#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Da der Wasserdampf im Ballon sehr schnell wieder abkühlt und kondensiert, können zur Veranschaulichung die entsprechenden Bilder, siehe AM S. 36, genutzt werden.

Die Alltagssprache stimmt häufig nicht mit der Fachsprache überein. So wird der heiße Wasserdampf, z.B. sichtbar über einem Topf oder Wasserkocher mit siedendem Wasser, umgangssprachlich gleichgesetzt mit gasförmigem Wasser und als Wasserdampf bezeichnet. Auch die Fachsprache bezeichnet mit Wasserdampf den gasförmigen Aggregatzustand des Wassers. Allerdings ist dieser nicht sichtbar. Die über siedendem Wasser aufsteigenden und sichtbaren Nebelschwaden sind demnach kein Wasserdampf, sondern flüssiges Wasser in Form winzig kleiner Wassertröpfchen. Sie entstehen durch Kondensation des gasförmigen Wasserdampfes an der Luft.

Eine strenge Abgrenzung des Begriffes Wasserdampf in der Alltags- und Wissenschaftsbedeutung wird in dieser Unterrichtskonzeption für den Sachunterricht der Grundschule noch nicht angestrebt. Allerdings ist es für die Erarbeitung des Wasserkreislaufes wichtig, den Schülern eine erste Vorstellung darüber zu geben, dass gasförmiger Wasserdampf nicht sichtbar ist. Schlussfolgernd daraus verschwindet verdunstetes Wasser nicht, auch wenn man es nicht mehr sehen kann (Konzept der Erhaltung).

## 4. Doppelstunde

### Lerninhalte/ Lernziele:


#### 2) Wasserkreislauf

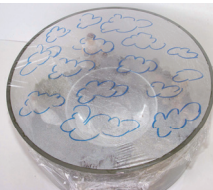

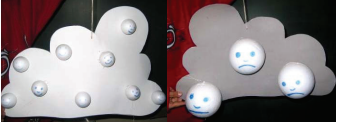

Die Schüler sollen



- ausgehend von der Problemfrage „Was passiert mit dem Pfützenwasser nach dem Regen?“ mittels Langzeitexperiment begreifen, dass Wasser nicht verloren geht,
- wissen, dass Wasser auf der Erde durch die Strahlung der Sonne zu nicht sichtbarem Wasserdampf verdunstet,
- anhand eines Modellexperimentes zum Wasserkreislauf verstehen lernen, dass Wolken durch Kondensation von Wasserdampf entstehen und aus winzigen Wassertröpfchen bestehen,
- mithilfe eines Wolkenmodellexperimentes erfahren, wie es dazu kommt, dass es regnet,
- weitere Niederschlagsarten (Erscheinungsformen) des Wassers, z.B. Schnee, Hagel, Reif, Nebel und Tau kennen und den Aggregatzuständen zuordnen können.
- vertiefend erfahren, dass das verdunstete Wasser von der Luft aufgenommen wird und mit der erwärmten Luft aufsteigt.

#### Wichtige Vorkenntnisse:

- Aggregatzustände und Aggregatzustandsänderungen des Wassers,
- Vorgang des Verdunstens von Wasser zu nicht sichtbarem Wasserdampf.

Unterrichtsabschnitte	Methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p><b>1. „Was passiert mit dem Pfützenwasser nach dem Regen?“</b> (Erarbeitung des Wasserkreislaufes)</p> <p>1.1. Wiederholung, Reaktivierung</p> <p>1.2. Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse *</p> <p><u>Problemlösung</u></p> <p>1.3. Ableiten neuer Fragestellungen</p>	<p>- L notiert Schülervermutung aus der 1. Doppelstunde an der Tafel.</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b> <u>Schülervermutung (u.a.)</u> Das Pfützenwasser verwandelt sich (verdunstet) zu Wasserdampf/ zu einem Gas und steigt nach oben in den Himmel.</p> <p><u>UG, Steuerung durch L:</u> - Tafelübersicht als mögliche Unterstützung, - Zusammentragen, Beschreiben der Beobachtungsergebnisse, - Schlussfolgerungen ziehen (S wenden ihre Kenntnisse zu den Aggregatzustandsänderungen des Wassers an.), - Beantworten der Problemfrage (Das Pfützenwasser verdunstet durch die Wärmestrahlung der Sonne zu gasförmigem Wasserdampf. Der Wasserdampf steigt nach oben in den Himmel.).</p> <p>- L notiert vertiefende bzw. weiterführende Fragen, die sich aus dem UG ergeben (bzw. Aufgreifen der Schülerfragen aus der 1. Doppelstunde) an der Tafel. („Was passiert mit dem Wasserdampf oben im Himmel?“/</p>	<p>Tafelübersicht zu den Aggregatzustandsänderungen des Wassers</p> <p>„Wasserkreislauf-Modell“ (Langzeitexperiment, siehe 1. Doppelstunde)</p> 

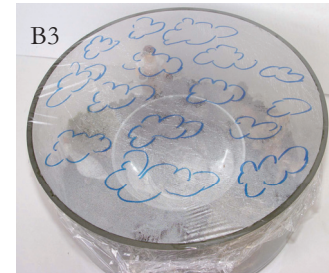
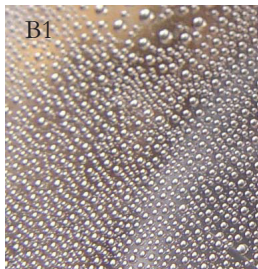
Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
	„Was sind Wolken und wie entstehen sie?“/ „Warum fängt es irgendwann an zu regnen?“/ „Wie gelangt der Wasserdampf nach oben in den Himmel?“)	
<p><b>2. Beantwortung der aufgestellten Fragen</b> (Erarbeiten des Wasserkreislaufes)</p> <p>2.1. „Was passiert mit dem Wasserdampf oben im Himmel?“/ „Was sind Wolken und wie entstehen sie?“ *</p> <p>2.2. „Warum fängt es irgendwann an zu regnen?“ *</p>	<p><u>UG:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S wenden ihre Erkenntnisse zu den Aggregatzustandsänderungen des Wassers an (Tafelübersicht als mögliche Unterstützung),</li> <li>- L-Impulse: „Warum haben sich auf der Folienunterseite Wassertröpfchen gebildet?“ „Wer war im Sommer schon mal im Gebirge/ auf einem hohen Berg?“ „Warum sind im Sommer hohe Berggipfel mit Schnee bedeckt?“</li> <li>- Erkenntnis: Der nicht sichtbare Wasserdampf kühlt in der Höhe ab und kondensiert zu flüssigen Wassertröpfchen. Die winzig kleinen Wassertropfen erscheinen uns als weiße Wolke.</li> <li>- Veranschaulichen der Wolkenentstehung im Experiment</li> </ul> <p>- L demonstriert das „Wolkenmodell“.</p> <p><u>L-Impuls:</u></p> <p>a) „Was lässt die kleinen Wassertröpfchen in der Wolke schweben?“</p> <p>b) „Warum fängt es an zu regnen?“.</p> <p><u>Veranschaulichung mittels Modell-experiment:</u></p> <p>Zu a) mittels Modellexperimentes veranschaulichen, dass die kleinen Wassertröpfchen aufgrund der geringen Masse von der Luftströmung getragen werden</p> <p>Zu b) LV: „Durch Zusammenstöße vereinigen sich die kleinen Wassertröpfchen zu großen, schweren Wassertropfen, die von der Luft nicht mehr gehalten werden können. Sie fallen als Regentropfen auf die Erde.“</p>	<p>Tafelübersicht zu den Aggregatzustandsänderungen des Wassers</p> <p>„Wasserkreislauf-Modell“</p>   <p>LDE/ SE (GA)</p> <p>LD „Wolkenmodell“</p>  <p>SE (GA/ EA):</p> <p>S lassen einen kleinen Styroporball im Luftstrom eines Föhns schweben.</p>  <p>LDE/ SE (GA/ EA):</p> <p>Ein großer Styroporball kann nicht im Luftstrom des Föhns schweben und fällt auf die Erde.</p>

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>3. Zusammenfassung zum Wasserkreislauf</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herausstellen, dass das Wasser auf der Erde nicht verloren geht Wasser verdunstet überall auf der Erde (an Wasseroberflächen, Böden oder Pflanzen).</li> <li>- S lösen Aufgaben auf dem SB.</li> </ul> <p><u>Anknüpfungsmöglichkeiten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- unterschiedliche Niederschläge (z.B. Schnee, Hagel, Reif, Nebel),</li> <li>- unterschiedliche Wege des Wassers (Grundwasser, Quelle, Fluss, Meer).</li> </ul> <p>(Einsatz des SB als Kontrollmöglichkeit)</p>	<p><i>SB S. 49 „Was passiert mit dem Pfützenwasser nach dem Regen?“, Aufgaben 1 - 2</i></p> <p><i>(SB S. 50 „Kontrolle“, Aufgaben 1 - 2)</i></p>
<b>4. Rückkopplung zum Einstieg der UE „Wo und als was kann Wasser überall in der Natur vorkommen?“</b> (siehe 1. Doppelstunde)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S lösen Aufgaben auf dem SB.</li> <li>- mögliche Reflexion über die UE</li> </ul>	<p><i>SB S. 51 - 52 „Wasser ist ein echter Verwandlungskünstler“, Aufgaben 1 - 2</i></p>
<b>5. Vertiefung/ Ergänzung</b> 5.1. Wie gelangt der Wasserdampf in den Himmel? *  5.2. „Warum sind Schneeflocken so leicht?“	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S erfahren, dass warme Luft nach oben steigt.</li> <li>- Beantworten der Frage mithilfe der neuen Erkenntnis: Aufstieg der erwärmten Luft und des enthaltenen Wasserdampfes</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S lesen auf SB Geschichte von Fredrik Vahle „Das Gewicht einer Schneeflocke“.</li> <li>- S erfahren im Experiment, dass Schneeflocken sehr viel Luft enthalten und u.a. deshalb sehr leicht sind.</li> </ul> <p><b><u>Fachliche Hinweise:</u></b>  Schnee besteht aus feinen Eiskristallen. Aufgrund der Dichteanomalie des Wassers ist Eis „leichter“ als Wasser. Auf diesen Zusammenhang wurde im Unterricht nicht eingegangen.</p> <p>(Zusatz: Überprüfen der Masseninvarianz beim Schmelzen durch Wiegen des Schnees im Glas vor und nach dem Schmelzen)</p>	<p>LDE</p> <p><i>SB S. 53 „Wiegt eine Schneeflocke etwas?“, Aufgaben 1 - 2</i>  SE (GA):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ein Einweckglas wird randvoll mit Schnee gefüllt und dicht verschlossen,</li> <li>- Schnee schmelzen lassen,</li> <li>- Über der Wasseroberfläche erkennt man die Menge an Luft, die vorher im Schnee enthalten war.</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>



## Zu 1.2. Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse

Einige Tage nach Ansetzen des Langzeitversuches (siehe 1. Doppelstunde S. 147) haben sich auf der Folienunterseite Tröpfchen gebildet (Bild 1). Das Wasser in dem kleinen Schälchen ist weniger geworden. Zur Veranschaulichung des Wasserkreislaufes kann der Lehrer auf die Folie Wolken aufzeichnen (Bilder 2 und 3). Diese modellhafte Darstellung der Wolken soll die Vermittlung der Lerninhalte in dem sich anschließenden Unterrichtsabschnitt unterstützen. Dort geht es um die Beantwortung folgender Fragen: „Was passiert mit dem Wasserdampf oben im Himmel?“/„Was sind Wolken und wie entstehen sie?“



## Zu 2.1. „Was passiert mit dem Wasserdampf oben im Himmel?“ „Was sind Wolken und wie entstehen sie?“

Am „Wasserkreislauf-Modell“ kann den Schülern gezeigt werden, dass Wolken aus winzig kleinen Wassertröpfchen (farblos, durchsichtig) bestehen. Zusammen erscheinen sie uns als weiße Wolke. Betrachtet man die Folie des „Wasserkreislauf-Modells“ aus einiger Entfernung, erscheinen diese auch eher milchig trüb bis weiß. Erst wenn man sie von Nahem ansieht, erkennt man die einzelnen Tröpfchen.

Anhand eines Experimentes kann versucht werden, den Schülern die Wolkenentstehung zu veranschaulichen.

### Materialien

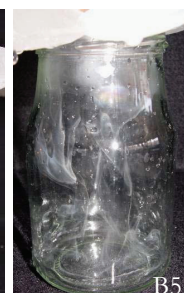
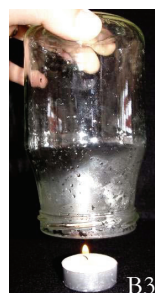
pro Klasse/ Gruppe:

- höheres Glasgefäß (z.B. Einweckglas),
- Kerze,
- Feueranzünder,
- warmes Wasser, aus der Leitung oder aus einer Thermoskanne (Bild 2),
- einige Eiswürfel in einer Packung (Bild 1).



### Durchführung

Das Glas wird mit sehr warmem Wasser ausgespült. Anschließend hält man das Glas mit der Öffnung nach unten für kurze Zeit über eine Kerzenflamme (Bild 3). Dies ist notwendig, um einige Rußpartikel als Kondensationskerne aufzufangen. (Diese Rußpartikel sind so klein, dass man sie mit bloßem Auge nicht erkennen kann.) Dann löscht man die Kerzenflamme, dreht das Glas mit der Öffnung nach oben und drückt zügig die Eiswürfelpackung mit den Eiswürfeln auf die Öffnung (Bild 4).



### Beobachtung

Unter den Eiswürfeln im Glas bildet sich augenblicklich eine Wolke (Bilder 4 bis 6).



### Auswertung

An der Eiswürfelpackung kühlt der gasförmige Wasserdampf im Glas ab und kondensiert zu winzig kleinen Wassertröpfchen, die in der Luft schweben. Diese erscheinen als Wolke.

### Fachliche Hinweise:

Durch das Ausspülen werden die Wände des Glases mit Wasser benetzt. Hält man das Glas mit der Öffnung über die Kerzenflamme, erwärmt sich der Inhalt und Wasser verdunstet. Im Glas befindet sich nun Luft mit einem hohen Wasserdampfgehalt. Außerdem steigen von der Kerzenflamme Rußpartikel in das Glas auf. Diese Rußpartikel sind mit bloßem Auge nicht erkennbar. Sie sind für das Gelingen des Experimentes wichtig, da sie als so genannte Kondensationskerne dienen. Kondensationskerne sind beispielsweise kleinste Staub- oder Rußpartikel, die immer in der Luft vorhanden sind. Sie dienen als Keime, wo die Kondensation der Wasserteilchen beginnt und fungieren als eine Art Teilchenfänger.

### Didaktisch-methodische Hinweise:

Den Schülern kann mitgeteilt werden, dass auch Nebel aus winzig kleinen Wassertröpfchen besteht. Er entsteht, wenn Wasserdampf aus der Luft, die sich unten auf der Erde befindet, durch Abkühlung kondensiert. Nebelschwaden sind somit Wolken in Bodennähe.

## Zu 2.2. „Warum fängt es irgendwann an zu regnen?“

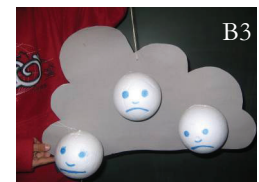
Für die Beantwortung dieser Frage kann ebenfalls das „Wasserkreislauf-Modell“ eingesetzt werden. Je länger man das Wasser in der Schale verdunsten und kondensieren lässt, desto größer werden die Tropfen auf der Folienunterseite (Bild 1). Werden sie zu groß und schwer fallen sie von der Folie ab nach unten. Eine weitere Möglichkeit für die Vermittlung dieses Lerninhaltes stellt der Einsatz des „Wolkenmodells“ dar.



### Materialien

pro Klasse:

- größeres Stück Pappe oder Styropor,
- graue Farbe (Pinsel/ Stift),
- mehrere kleine und große Styroporballen (im Bastelladen erhältlich),
- Bindfaden/ Schnur,
- Klettverschlüsse,
- Klebe, Schere,
- (mehrere Föhne).



### Anfertigung und Einsatz des „Wolkenmodells“

Das Stück Pappe oder Styropor wird zu einer Wolkenform zurechtgeschnitten. Anschließend belässt man eine Seite weiß, die andere wird grau angemalt (Bild 2). Die kleinen Styroporballen symbolisieren die kleinen Wassertröpfchen, die in der Wolke schweben. Sie können mithilfe von Klettverschlüssen auf die weiße Seite des Wolkenmodells geklebt werden (Bild 2). Für die Durchführung des Experimentes kann man sie vom Modell lösen und im Luftstrom eines Föhns schweben lassen (Bild 4). Die großen Styroporballen sollen die großen Wassertropfen darstellen, die als Regen auf die Erde fallen. Sie können jeweils mit einem langen Bindfaden und mit Klettverschlüssen auf der grauen Seite des Wolkenmodells befestigt werden. Löst man sie von den Klettverschlüssen, hängen sie an den Bindfäden herunter und veranschaulichen die herabfallenden Regentropfen (Bild 5). Mithilfe eines weiteren großen Styroporballs, der nicht am Modell befestigt wurde, kann der Lehrer im Experiment zeigen, dass dieser Styroporball zu schwer ist, um von dem Luftstrom des Föhns getragen zu werden. Vergleichbares geschieht mit den Wassertropfen in der Wolke. Wenn sich die Tröpfchen miteinander zu größeren und schwereren Tropfen vereinigen und die Tragkraft der Luftströmung übersteigen, fallen sie als Regen auf die Erde.



## Zu 5.1. „Wie gelangt der Wasserdampf in den Himmel?“

In einfachen Versuchen kann den Schülern veranschaulicht werden, dass warme Luft nach oben steigt. In der Auswertung der Beobachtungsergebnisse kann daran angeknüpft werden: Durch die Sonnenstrahlen erwärmt sich die Erdoberfläche (Wasser, Boden, Pflanzen). Von der Erdoberfläche her erfolgt die Erwärmung der Luft. Die erwärmte Luft steigt auf und „nimmt den Wasserdampf mit nach oben“.

### Fachliche Hinweise:

Die Sonne, als Licht- und Wärmequelle, überträgt durch Strahlung Energie auf die Erde. Diese Wärmeausbreitung durch Strahlung hat nichts mit der Wärmeleitung (z.B. Wärmeübertragung durch Metalle) und dem Wärmetransport (Ein erwärmter Körper/ Stoff, z.B. Wasser oder Luft wird von einer Stelle zu einer anderen transportiert.) zu tun. Denn die Sonne sendet ihre Strahlung aus dem Weltraum zu uns auf die Erde. Und der Raum zwischen Sonne und Erde ist praktisch leer. Das heißt, dort ist nichts, was die Wärme leiten oder transportieren könnte. Die Strahlung selbst ist weder warm noch kalt. Es erwärmen sich nur die Körper/ Stoffe, die von der Strahlung getroffen werden. Ein Teil der Strahlung wird absorbiert (aufgenommen, lat. *absorbere*: verschlingen). Dabei erwärmen sich die Körper. Ein anderer Teil der Strahlung wird reflektiert. Es gilt: Je mehr Strahlung absorbiert wird, desto stärker die Erwärmung. Körper mit dunkler Oberfläche absorbieren Wärmestrahlung stärker als helle und glänzende. Allerdings strahlen sie auch selbst stärker ab.

### Materialien (Variante a)

pro Klasse:

- ausrangierte Toaster,
- Mülltüte (35 l).

### Durchführung (Variante a)

Der Toaster wird gestartet. Darüber stülpt man die Mülltüte. Diese muss zunächst mit beiden Händen festgehalten werden (Bild 1). Sobald die Tüte nach oben „strebt“, lässt man sie los.

### Didaktisch-methodische Hinweise:

Mithilfe dieses Versuchs kann den Schülern auch die Funktionsweise eines Heißluftballons erklärt werden.

### Materialien (Variante b)

pro Klasse:

- ausrangierter Toaster,
- großes Küchensieb aus Metall,
- Daunenfedern oder kleine Wattebäusche.

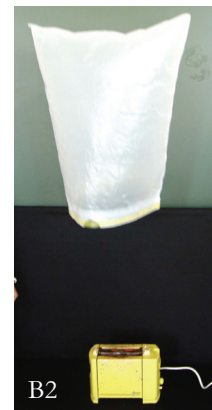
### Durchführung (Variante b)

Der Toaster wird gestartet. Das Küchensieb wird mit einigen Daunenfedern bzw. kleinen Wattebäuschen gefüllt und über den Toaster gehalten. Das Sieb sollte etwas geschüttelt werden, damit sich die Federn bzw. Wattebäusche vom Drahtnetz lösen und aufsteigen können. Achtung! Es sollte darauf geachtet werden, dass die Federn bzw. Wattebäusche beim Sinken nicht in den heißen Toaster gelangen. Mit dem Sieb können sie wieder „eingefangen“ werden.

### Beobachtung und Auswertung (Variante a und b)

Die Mülltüte, die Federn und die kleinen Wattebäusche steigen über dem Toaster auf (Bilder 2, 3 und 4). Der Toaster erwärmt die darüber befindliche Luft. Die warme Luft steigt nach oben und „reißt“ die leichten Gegenstände mit.

Die in den Experimenten gewonnene Erkenntnis, dass warme Luft nach oben steigt, kann nun genutzt werden, um die Frage zu beantworten, wie das verdunstete Wasser nach oben in den Himmel gelangt. Im

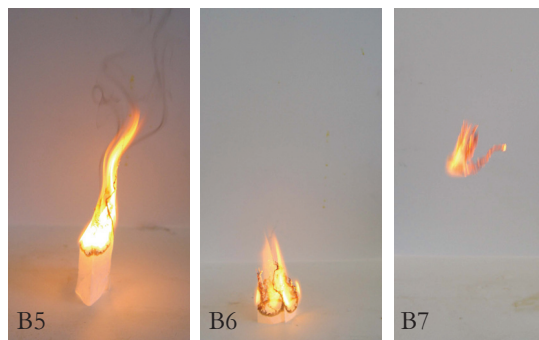


Unterrichtsgespräch und durch Unterstützung des Lehrers können folgende Zusammenhänge dargelegt werden:

- Wasserdampf (verdunstete Wasser) wird von der Luft aufgenommen,
- Erwärmung der Erdoberfläche durch Strahlung der Sonne,
- Erwärmung der Luft über der Erdoberfläche,
- Aufstieg der erwärmten Luft und des enthaltenen Wasserdampfes.

#### Ergänzung

Ein für die Schüler sehr beeindruckender Versuch ist der „fliegende Teebeutel“. Schnur und Innenleben eines Teebeutels sind zu entfernen. Der Beutel wird entfaltet und als Röhre senkrecht auf eine feuerfeste Unterlage gestellt. Anschließend zündet man ihn oben an. Der Teebeutel brennt von oben nach unten, bis das übrig bleibende Aschenetz plötzlich nach oben fliegt (Bilder 5, 6 und 7). Es wird von der erwärmten aufsteigenden Luft mit nach oben „getragen“.



#### Fachliche Hinweise:

Jüngeren Kindern wird oft vereinfacht mitgeteilt, dass warme Luft nach oben steigt, weil sie „leichter“ wird. Aus fachlicher Sicht ändert sich bei Erwärmung nicht die Masse, sondern die Dichte eines Stoffes ( $\text{Dichte} = \text{Masse} / \text{Volumen}$ ). Die Dichte der Luft beträgt bei einer Temperatur von  $0^\circ\text{C}$  und einem Luftdruck von 1013 hPa  $1,3 \text{ g/cm}^3$ .

Der Auftrieb von warmer Luft aufgrund der geringeren Dichte wird folgend am Beispiel eines Heißluftballons erklärt. Die Luft in der Ballonhülle wird mit einem kräftigen Brenner erhitzt. Der Ballon bläht sich auf, denn durch die Zufuhr von Wärme (Energie) bewegen sich die Teilchen der Luft im Ballon heftiger. Die Abstände zwischen den Teilchen werden größer, die Luft dehnt sich aus. Ausdehnung bedeutet somit, dass die Teilchen der Luft mehr Platz beanspruchen. Gasförmige Stoffe nehmen stets den gesamten zur Verfügung stehenden Raum ein. Daher quillt ein Teil der Luft beim Ausdehnen unten aus der Öffnung des Heißluftballons heraus. Die Masse der Luft in Bezug auf das Volumen (Volumen Ballonhülle) ist kleiner geworden. Somit hat sich die Dichte der Luft in dem Ballon verringert. Der folgende Aufstieg des Heißluftballons wird durch die Auftriebskraft verursacht. Wie im Wasser wirkt auch in der Luft auf Körper eine Auftriebskraft. Diese ist von unten nach oben gerichtet und wirkt somit der Gewichtskraft (Erdbeschleunigungskraft) entgegen. Die Auftriebskraft der Luft bewirkt, dass Körper mit einer geringeren Dichte als die der Luft in dem „Luftmeer“ nach oben steigen. Somit wirkt auf die erwärmte Luft eine Auftriebskraft und sie steigt nach oben. Dabei wird der Ballon „mitgerissen“.

#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Der Einsatz der zuvor beschriebenen Experimente verfolgt lediglich das Ziel, den Schülern rein phänomenologisch zu vermitteln, dass warme Luft aufsteigt. Eine Erklärung dieses Phänomens im Zusammenhang mit der Ausdehnung von Luft ist nicht vorgesehen und scheint im Rahmen des Sekundarstufenunterrichts sinnvoller. Die Erfahrungen aus der Unterrichtserprobung haben gezeigt, dass eine Ausdehnung von Luft im Sinne der Volumenzunahme und der Massenerhaltung für die Schüler ohne Kenntnis des Teilchenmodells und der Dichte schwer vorstellbar ist. Die Untersuchungen von SCHIEDER und WIESNER zeigen ebenfalls, dass Grundschüler bei Erwärmen bzw. Abkühlen von Luft in der Regel nicht von einer Volumenänderung der Luft ausgehen [SCHIEDER & WIESNER 1997, S. 168].

Auch die Auswahl der Versuche und Versuchsmaterialien erfolgte unter Berücksichtigung möglicher Fehlvorstellungen bei den Schülern. Statt brennender Kerzen wird bewusst ein Toaster als Wärmequelle eingesetzt. Damit soll dem Auftreten oder Verfestigen falscher Schülererklärungen entgegengesteuert werden, z.B.: „Also aus den Kerzen kommt ja die heiße Luft raus. Wenn man die Tüte dort rüber hält, dann geht die heiße Luft in die Tüte rein und dann bläht sich die Tüte auf und sie geht automatisch nach oben.“/ „Die Tüte bläht sich durch den Rauch des Feuers auf und dadurch fliegt sie, weil der Rauch so was Ähnliches ist wie Gas, also nach oben steigt.“

Der Einsatz eines Toasters als Wärmequelle hat außerdem den Vorteil, dass im Gegensatz zur Verbrennung bei einer Kerze kein Kohlendioxid entsteht, welches schwerer ist als Luft und somit den Aufstieg der Mülltüte erschweren kann.

## 5.6. Beschreibung der UE 6 „Wasser als Lösungsmittel (Abwasserreinigung)“

### 5.6.1. Lerninhalte/ Lernziele

#### 1) Abwasserreinigung

Die Schüler sollen

- aus einem Stoffgemisch (Wasser, Holzstücke, Steine, Sand, Salz) Wasser von den anderen Stoffen durch eigene Ideen und mit selbst gewählten Hilfsmitteln trennen,
- Sieben und Filtrieren als Stofftrennmethoden sowie die dazugehörigen Materialien bzw. Geräte (Sieb, Trichter, Filterpapier) kennen lernen,
- bewusst erfahren, dass Salz als gelöster Stoff zwar nicht mehr sichtbar, aber doch im Wasser vorhanden ist,
- erkennen, dass sich Salz nicht durch Filtrieren vom Wasser trennen lässt,
- erfahren, dass sich Salz durch Eindampfen einer Salzlösung vom Wasser trennen lässt.

#### 2) Salzgewinnung (Anwendung der Stofftrennmethoden)

Die Schüler sollen

- etwas über die Bedeutung und Gewinnung von Speisesalz erfahren,
- durch Versuche Salz aus Meerwasser und/ oder aus Steinsalz gewinnen.

#### 3) Löslichkeit in Wasser als Stoffeigenschaft

Die Schüler sollen

- Lösungen als klare und durchsichtige Stoffgemische erfassen und beschreiben können,
- wissen, dass verschiedene Feststoffe sich hinsichtlich der Löslichkeit bzw. Nichtlöslichkeit in Wasser unterscheiden,
- Beispiele für die Anwendung/ Nutzung der Löslichkeit von Feststoffen im Alltag nennen können.



## 5.6.2. *Didaktische und methodische Aspekte*

### Zu 1) Abwasserreinigung

Nur wenige Rahmenpläne machen konkrete Angaben zur Behandlung verschiedener Stofftrennmethoden. In der Regel sollen diese im Zusammenhang mit dem Lerninhalt „Wasser“ (z.B. Abwasserreinigung) unterrichtet werden. Bayern und Baden-Württemberg thematisieren die Trennverfahren zusätzlich bei der Behandlung von Nährstoffen.

Mecklenburg-Vorpommern/Berlin/Brandenburg; Themenbereich: Wasser Jgst. (3/4)

- „Veränderungen des Wassers durch Experimente nachweisen: ..., *Filtrieren, Sedimentieren, Wasser als Lösungsmittel*, ...“ [MV/BE/BB 2004, S. 41]

Bayern; Themenbereich: Natur und Technik, Nährstoffe (Jgst. 2)

- „Einige Inhaltsstoffe in Nahrungsmitteln herausfinden: einfache Trennverfahren: *Absetzen, Filtrieren*; Stärke, Zucker, Säure, Fett, Eiweiß aus dem Stoffgemisch abtrennen: z.B. Kartoffeln reiben, pressen und Stärke absetzen lassen, ...“ [B 2000, S. 111]

Bayern; Themenbereich: Natur und Technik, Erfahrungen mit Wasser (Jgst. 2)

- „Einfache Trennverfahren durchführen: Stoffgemische (Lösungen) trennen: *verdunsten/verdampfen, absetzen lassen/filtrieren*“ [B 2000, S. 114]

Bayern; Themenbereich: Wasserversorgung oder Abwasseraufbereitung, ein Inhaltsbereich davon verbindlich (Jgst. 4)

- „Abwasseraufbereitung, ..., Schritte der Abwasserreinigung, z.B. *einfache Absetzversuche* durchführen“ [B 2000, S. 267]

Niedersachsen; Themenbereich: Technik (Erwartete Kompetenzen am Ende des Schuljahrgangs 4)

- „Einfache Methoden der Wasserreinigung kennen und anwenden (z.B. *filtrieren*), Funktion einer Kläranlage anhand eines Schaubilds erklären und beschriften, *Filterversuche durchführen*, auswerten, erklären, ...“ [N 2006, S. 27]

Sachsen; Themenbereich: Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur (Jgst. 1/2)

- „Wasser als Lösungsmittel: wasserlösliche, wasserunlösliche Stoffe, *Lösen und Trennen von Feststoffen über verschiedene Problemstellungen erarbeiten*, ..., *Absetzversuche*, Differenzierung: weitere *Versuche zum Mischen und Trennen*“ [S 2004, S. 10]

Im Rahmenplan Nordrhein-Westfalens und Hessens findet man sehr allgemeine Formulierungen, wie „*Mischungen und Lösungen herstellen und trennen*“ [NW 2003, S. 59] oder „versuchen, *Schmutzwasser zu klären*“ [HE 1995, S. 137].

Das Eindampfen einer Lösung als Stofftrennmethode wird konkret im Rahmenplan Bayerns und Sachsen erwähnt

Bayern; Themenbereich: Ausgangsstoffe und -materialien, ein Inhaltsbereich davon verbindlich (Jgst. 4)

- „Rohstoffe zum (Zwischen)-Produkt verarbeiten: einen eigenen Versuch durchführen, z.B.: ...; *Filtrierversuche*, z.B. mit Steinsalz (die Sole *eindampfen*); Teilchenmodell“ [B 2000, S. 268]

Sachsen; Themenbereich: Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur (Jgst. 1/2)

- „Wasser als Lösungsmittel, ..., Lösen und Trennen von Feststoffen über verschiedene Problemstellungen erarbeiten, *Kristallbildung durch Verdunsten und Verdampfen*“ [S 2004, S. 10]



Aus der Lehr- und Lernforschung sind folgende Schülervorstellungen zum Thema **Mischen und Trennen** bekannt. Kinder verfügen über ein sogenanntes „Translokationsschema, nach dem sie im Prinzip Mischungs- und Trennungsvorgänge erklären können“ [STRUNK 1998, S. 141]. Die Tatsache, dass Schüler dieses Konzept auch fälschlicherweise auf chemische Vorgänge anwenden, wird in der UE 8 „Stoffumwandlung“ näher erläutert.

Während Kinder heterogene Stoffgemische, wie beispielsweise Granit, problemlos als Gemisch ansehen, betrachten sie homogene Gemische, z.B. Honig, aufgrund der äußeren Erscheinung als Reinstoff [DRIVER et al. 1994a, S. 74 aus STRUNK 1998, S. 141]. STRUNK schlägt vor, sich im Unterricht zunächst mit heterogenen Stoffgemischen auseinanderzusetzen. Anhand der sichtbaren Eigenschaften der jeweiligen Stoffe im Gemisch kann den Schülern vermittelt werden, was man allgemein unter einem Stoffgemisch versteht. Dies wäre eine erste wichtige Grundlage für die Behandlung homogener Gemische [STRUNK 1998, S. 142].

Eine Untersuchung von SPÄGELE mit Schulanfängern ergab, dass der Großteil der Kinder die Auffassung vertritt, aus einem Sand-Wasser-Gemisch könne man den Sand nicht wieder zurückbekommen. Und lediglich 40 % der Kinder waren Methoden der Stofftrennung bekannt. Absetzen, Abschöpfen und Sieben wurden dabei als Beispiele angegeben [SPÄGELE 2008, S. 208].

**Lösungen** als homogene Stoffgemische bereiten den Schülern besondere Verständnisschwierigkeiten. Dies zeigt eine Reihe von Untersuchungen [STRUNK 1998, S. 115 ff.]. Auf einige wird an dieser Stelle Bezug genommen. SLONE & BOKHURST interessierten sich z.B. besonders für die physikalischen Erklärungsmuster von Kindern zum Lösungsvorgang. Dabei fanden sie folgende Reihenfolge unterschiedlicher Konzepte heraus:

- „1.: Nicht-Erhaltung (Zucker verschwindet einfach);
  - 2.: Erhaltung der Substanz; es kann aber noch keine Erklärung dafür gegeben werden;
  - 3.: Verflüssigung (Zucker schmilzt, wird zu Wasser oder zu einer Flüssigkeit)
- oder Atomismus (Zucker wird zu winzigen, unsichtbaren Teilchen)“ [SLONE & BOKHURST 1992, S. 228 aus STRUNK 1998, S. 117].

Die nachfolgende Tabelle veranschaulicht, welche Schülervorstellungen prozentual in welcher Alterstufe vertreten sind.

	4-5 Jahre	6-7 Jahre	8-9 Jahre	10-11 Jahre	12-13 Jahre
Nicht-Erhaltg.	69,0	57,1	33,3	7,1	0,0
Erhaltung	24,1	11,1	26,7	19,6	12,9
Verflüssigung	6,9	23,8	33,3	60,7	74,2
Atomismus	0,0	7,9	6,7	12,5	12,9

Tab. 5: Entwicklung des Verständnisses für den Lösungsvorgang [SLONE & BOKHURST 1992, S. 229 aus STRUNK 1998, S. 117]

Nach diesen Ergebnissen scheint es, dass die Schüler ab einem Alter von ca. 8 bis 9 Jahren mehrheitlich das anfängliche Konzept der Nicht-Erhaltung aufgegeben haben. Zwischenzeitlich haben die Kinder jedoch oft noch keine Erklärung dafür, was mit dem Zucker beim Lösen in Wasser passiert. Mit zunehmendem Alter kommen dann immer mehr Schüler zu der Ansicht, Zucker würde im Wasser ebenfalls flüssig werden. Vergleichsweise gering ist der Anteil an Schülern, die von einem „Atomismus“ des Zuckers in gelöster Form ausgehen. Die Zahlen aus der Tabelle lassen nicht darauf schließen, „dass ‚Verflüssigung‘ eine Vorstufe wäre, aus der sich bei weiterer Entwicklung des Kindes automatisch ‚Atomismus‘ ergeben würde. Dies spricht – entgegen PIAGETs & INHELDERS Meinung – dafür, dass viele Jugendliche ohne speziellen Unterricht schließlich bei der Verflüssigungsidee stehen bleiben, eine Vorstellung, die ja tatsächlich durch Beobachtungen im Alltag nicht widerlegt wird“ [STRUNK 1998, S. 118]. Auch andere Untersuchungen weisen darauf hin, dass sich das Konzept des Atomismus nicht spontan entwickelt [STRUNK 1998, S. 118].

DRIVER et al. fanden heraus, dass Schüler, die mit dieser Vorstellung argumentieren, sich allerdings eher auf einen makroskopischen Atomismus beziehen. Dabei werden den Zuckerteilchen die Eigenschaften zugesprochen, die dem äußeren Erscheinungsbild des Stoffes entsprechen. Demnach sind die Zuckerteilchen weiß und süß. Man kann sie nur nicht sehen, weil sie so klein sind [DRIVER et al. 1994a, S. 84 aus STRUNK 1998, S. 120].

LONGDEN & SOLOMON kommen in ihrer Studie zu der Auffassung, dass bereits 12-Jährige fähig sind, eine atomistische Beschreibung des Lösungsvorganges zu erlernen. Allerdings erlangen die Schüler dadurch kein tieferes Verständnis, was beim Lösen in Wasser tatsächlich geschieht [LONGDEN & SOLOMON 1991 aus STRUNK 1998, S. 119].

Die Studie von SPÄGELE ergab, dass die Mehrheit der Schulanfänger beim Lösen von Zucker in Wasser bereits von einer Massenzunahme ausgeht. Diese Kinder erklären den Lösevorgang also schon unter Berücksichtigung des Erhaltungskonzeptes. Allerdings gehen Schulanfänger davon aus, dass der Zucker grundsätzlich nicht mehr zurückgewonnen werden kann. Aufgaben zur Stofftrennung ergaben in dieser Untersuchung ähnliche Schülervorstellungen. So vertrat knapp 50 % der Probanden die Auffassung, Salz lasse sich aus einer Salzlösung nicht wieder gewinnen [SPÄGELE 2008, S. 205 ff.].

Im Vergleich der bisher durchgeführten Studien zum Phänomen des Lösens lässt sich feststellen, dass es eine ganze Reihe weiterer Fehlvorstellungen bei den Schülern gibt. Im Versuch, diese durch einen entsprechenden Unterricht abzubauen, können leicht andere nicht wissenschaftliche Vorstellungen entstehen oder begünstigt und gefestigt werden. Diese Gefahr besteht v.a., solange den Schülern die Einsicht des wissenschaftlichen Teilchenmodells sowie die Kenntnis einer kinetischen Theorie fehlen [STRUNK 1998, S. 120].

Trotz der möglichen Verständnisschwierigkeiten sieht diese Unterrichtskonzeption eine Behandlung des Themas „Wasser als Lösungsmittel“ vor. Bei der Schwerpunktsetzung der Lerninhalte wurden die vorab aufgeführten Untersuchungsergebnisse mit berücksichtigt.

Doch zunächst lernen die Schüler in dieser Unterrichtseinheit das Sieben, Filtrieren und gegebenenfalls auch das Sedimentieren und Dekantieren als Stofftrennmethoden bei heterogenen Stoffgemischen kennen. Als Ausgangsproblem wird die Frage gestellt, wie man Schmutz- bzw. Abwasser wieder reinigen kann. Dazu sollen die Schüler in Gruppenarbeit Wasser mit Holzstücken, Steinen, Sand und Salz verunreinigen und anschließend mithilfe selbstgewählter Materialien bzw. Geräte versuchen, es wieder zu säubern. Obwohl die Schüler beim Herstellen von Schmutzwasser bereits Salz in das Wasser geben, tritt die Behandlung der Thematik „Wasser als Lösungsmittel“ zunächst in den Hintergrund. Wie erwartet, vergaßen in der Unterrichtserprobung alle Schülergruppen die Tatsache, dass auch Salz ein Bestandteil des Gemisches ist. Eine Problematisierung des Phänomens „Salz löst sich in Wasser“ erfolgt also zu einem späteren Zeitpunkt. Schwerpunkt beim Reinigen des Schmutzwassers ist vorab die selbstständige Tätigkeit und Zusammenarbeit der Schüler in ihren Gruppen. Sie sollen eigene Ideen entwickeln, darüber beraten, ihre Vorgehensweise planen und dann praktisch umsetzen. Nach dem Zusammentragen und begrifflichen Einführen der verschiedenen, von den Schülern durchgeführten Stofftrennmethoden initiiert der Lehrer folgendes Überraschungsmoment. Die Schüler werden aufgefordert mittels Geschmacksprobe zu überprüfen, ob das Wasser tatsächlich sauber ist. Die Beobachtung, dass das Wasser noch salzig schmeckt, dient als Ausgangspunkt für folgende Fragestellungen. Wurde das Salz aus dem Wasser entfernt? Warum sieht man das Salz im Wasser nicht? Wie kann man Salz und Wasser voneinander trennen? Damit schließt sich der Lerninhalt „Löslichkeit von Salz“ innerhalb des Themas „Abwasserreinigung“ unmittelbar an.

Vor der Behandlung der Thematik wurden die Schüler (ca. 9 Jahre alt) in der Unterrichtserprobung schriftlich befragt: „Gibt man Salz in ein Glas mit Wasser, dann sieht man es nach einiger Zeit nicht mehr. Was ist mit dem Salz passiert?“ Die verschiedenen Schülerantworten können folgendermaßen unterteilt werden (31 Schüler = 100 %).

- 5 Schüler gaben keine Erklärung. (16,1 %)
- 9 Schüler meinten „es/das Salz hat sich *aufgelöst*“. (29,0 %)

- 7 weitere Schüler argumentierten ebenfalls mit dem Begriff „auflösen“. Wobei sie versuchten, das Auflösen genauer zu beschreiben. Dabei wurde teilweise die Auffassung, dass das Salz nicht verschwindet, deutlich zum Ausdruck gebracht. (22,6 %)
  - „Das Salz hat sich *aufgelöst* wie Zucker im Tee. Und das Salz, das sich aufgelöst hat, schmeckt nach Salzwasser.“ (1 Schüler)
  - „Das Salz *löst sich auf*. Es ist *unsichtbar*. Man schmeckt es trotzdem.“ (1 Schüler)
  - „Es hat sich *aufgelöst*, aber trotzdem schmeckt man es noch.“ (1 Schüler)
  - „Das Salz *löst sich auf*, aber bleibt im Wasser.“ (1 Schüler)
  - „Es hat sich *aufgelöst* und hat *sich verteilt*.“ (1 Schüler)
  - „Es hat sich *aufgelöst* und *mit dem Wasser vermischt*.“ (1 Schüler)
  - „Das Salz hat sich *aufgelöst*. Aber, weil Salz sich ja nicht in Luft auflösen kann, muss es ja irgendwohin sein. Wenn man Salz in ein Glas Wasser tut, dann *vermischt* es sich *mit Wasser* und man sieht es nicht mehr.“ (1 Schüler)
- 3 Schüler benutzten in ihrer Erklärung ausschließlich den Begriff „vermischen“. (9,7 %)
  - „Das Salz *vermischt sich mit* dem Wasser.“ (2 Schüler)
  - „Es hat sich *im Wasser vermischt*.“ (1 Schüler)
- 7 weitere Erklärungen, wobei 1 Schüler von einem „Atomismus“ des Salzes ausgeht. (22,6 %)
  - „Es hat sich in *ganzen kleinen, also noch kleinere Teilchen aufgelöst*.“ (1 Schüler)
  - „Es ist im Glas *geblieben*. Es ist nur so, als wenn es weg ist.“ (1 Schüler)
  - „Das Salz ist noch im Wasser, bloß es ist *unsichtbar*.“ (1 Schüler)
  - „Es ist *auf den Boden gesunken* oder es ist *im Wasser* und man *nimmt es nicht wahr*.“ (1 Schüler)
  - „Das Salz *verbindet sich* mit dem Wasser.“ (1 Schüler)
  - „Es hat sich mit dem Wasser *vereint*.“ (1 Schüler)
  - „Es hat sich *zu Wasser verwandelt*.“ (1 Schüler)

Zusätzlich wurde vor der Behandlung der UE 6 „Wasser als Lösungsmittel“ ein Multiple choice – Test durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass ausnahmslos alle Schüler aus der Unterrichtserprobung die Auffassung vertraten, dass das Salz beim Lösen in Wasser nicht verschwindet. Darüber hinaus ging die Mehrheit der Schüler (64,5 %) bereits davon aus, die Gesamtmasse bliebe während des Lösungsvorganges erhalten. Allerdings zeigte sich bei den Schülern auch eine gewisse Unsicherheit darüber, was mit dem Stoff Salz beim Lösen geschieht.

- 18 Schüler, also knapp über die Hälfte (58 %), entschied sich in dem Ankreuztest für das *Atomismus-Konzept*. Wobei 3 dieser Schüler die Vorstellung von Atomismus mit einem Schmelzen von Salz in Wasser in Verbindung brachten. Alle anderen „Atomismus-Anhänger“ verknüpften diese Vorstellung mit der Erklärung „das Salz ist noch im Wasser, nur unsichtbar“ und/oder „das Salz hat sich aufgelöst“. Das Ergebnis bestätigt, dass viele Schüler bereit sind, diese angebotene Vorstellung von Atomismus zu übernehmen. Auf ein Verständnis des Lösungsvorganges lässt sich daraus jedoch nicht schließen.
- 12 Schüler (38,7 %) beschränkten sich ausschließlich auf die Erklärung „das Salz ist noch im Wasser, nur unsichtbar“ und/ oder „das Salz hat sich aufgelöst“.
- 1 Schüler bestätigte in diesem Test seine Meinung, dass das Salz sich zu Wasser verwandeln würde. Allerdings kreuzte er zusätzlich die Antwort „das Salz ist noch im Wasser, nur unsichtbar“ an. Möglicherweise meint er auch, dass das Salz beim Lösen flüssig wird wie Wasser.

Eine wesentliche Grundlage, die die Schüler also bereits mit in den Unterricht bringen, ist die Einsicht, dass das Salz während des Lösens in Wasser nicht verschwindet. Darauf aufbauend werden in dieser Unterrichtseinheit folgende Schwerpunkte gesetzt: Den Schülern soll gezeigt werden, dass man das im Wasser gelöste und unsichtbare Salz wieder sichtbar machen kann. Dazu lernen die Schüler das Eindampfen einer Lösung als Stofftrennmethode innerhalb des Themas Abwasserreinigung kennen. Anhand der Stoffeigenschaften soll das Salz nach dem Eindampfen identifiziert werden. Die Erkenntnis, dass nach dem Eindampfen derselbe Stoff

vorliegt, den man ursprünglich ins Wasser gegeben hat, soll die Einsicht untermauern, dass bei einem Lösungsvorgang der Stoff erhalten bleibt. Die Schüler sollen Lösungen als Stoffgemische erfassen. Diese Erfahrung wird erneut in der UE 8 „Stoffumwandlung“ herangezogen, um den Schülern den Unterschied zwischen physikalischen Vorgängen und einer Stoffumwandlung zu veranschaulichen. Die Stoffumwandlung soll den Schülern somit als etwas wirklich Neues vorgestellt werden.

Da die Schüler das Teilchenmodell noch nicht kennen und dessen Vermittlung in dieser Unterrichtskonzeption auch nicht vorgesehen ist, beschränkt sich die unterrichtliche Behandlung des Phänomens auf den makroskopischen Bereich. Das Erreichen eines wirklichen Verständnisses für den Lösungsvorgang an sich wird nicht angestrebt. Vielmehr geht es um eine erste Anbahnung. Deshalb wird die Frage, warum man das Salz in der Lösung nicht mehr sieht, noch recht allgemein beantwortet. Dabei kann man sich auf den Tatbestand beschränken, dass Stoffe beim Lösen in Wasser unsichtbar werden, aber nicht verschwinden. Möchte man einen Schritt weiter gehen, könnte man den Schülern schon eine atomistische Erklärung anbieten: Den Stoff erkennt man in der Lösung nicht, weil er sich in Form von ganz winzig kleinen Teilchen im Wasser verteilt hat.

Für eine Behandlung der eben aufgeführten Lerninhalte im Sachunterricht spricht das große Interesse der Schüler. In der Unterrichtserprobung suchten sie mit Eifer innerhalb der Schülergruppen nach Möglichkeiten, das Salz aus dem anfangs verunreinigten Wasser zu entfernen. Hauptsächlich versuchten sie, durch das Übereinanderlegen mehrerer Filterpapiere oder durch das Nutzen möglichst kleinporiger Materialien das Salz aus dem Wasser herauszufiltern. Der Großteil der Schüler war bemüht und motiviert eine Erklärung dafür zu finden, warum sich das Salz auf diese Weise nicht vom Wasser trennen lässt. In diesem Fall könnte vom Lehrer eine atomistische Erklärung herangezogen werden. Oder man beschränkt sich auf die Information, dass gelöste Stoffe grundsätzlich nicht durch Filtrieren vom Wasser zu trennen sind.

In der Regel muss der Vorschlag, die Lösung einzudampfen, vom Lehrer erbracht werden. Nur ein Schüler aus der Unterrichtserprobung kam auf die Idee, das Wasser in einem Topf zum Kochen zu bringen. Das Wasser würde verdampfen und am Boden bliebe das Salz zurück. Nach dem Eindampfen der farblosen und durchsichtigen Flüssigkeit waren die Schüler in starkem Maße überrascht und fasziniert, plötzlich das weiße, feste Salz vor sich zu haben.

Eine Anknüpfungsmöglichkeit, die in dieser Unterrichtseinheit jedoch nicht aufgegriffen wird, ist die Behandlung der Abwasserreinigung in einem Klärwerk.

## **Zu 2) Salzgewinnung (Anwendung der Stofftrennmethoden)**

Einen Bezug zur Salzgewinnung aus Steinsalz lässt sich lediglich im Lehrplan Bayerns finden.

Bayern; Themenbereich: Ausgangsstoffe und -materialien, ein Inhaltsbereich davon verbindlich (Igst. 4)

- „Rohstoffe zum (Zwischen)-Produkt verarbeiten: einen eigenen Versuch durchführen, z.B.: ...; Filtrierversuche, z.B. *mit Steinsalz (die Sole eindampfen)*; Teilchenmodell“ [B 2000, S. 268]

In dieser Unterrichtseinheit schließt sich das Thema Salzgewinnung unmittelbar an die Thematik Abwasserreinigung an. Die Anwendung der erlernten Stofftrennmethoden steht dabei im Vordergrund. Da Salz als Speisesalz ein für die Schüler aus dem Alltag bekannter, jedoch oft unbeachteter Stoff ist, lernen sie zunächst etwas über dessen geschichtliche Bedeutung kennen. Daran anknüpfend sollen die Schüler Möglichkeiten der Salzgewinnung kennen lernen. Je nach regionalen Gegebenheiten kann das Verdunsten bzw. Verdampfen von Meerwasser oder die Gewinnung aus Steinsalz favorisiert werden.



### **Zu 3) Löslichkeit in Wasser als Stoffeigenschaft**

Von den zwölf analysierten Rahmenplänen führen sieben den Lerninhalt Wasser als Lösungsmittel bzw. Lösungen oder Löslichkeit von Stoffen auf. Darüber hinaus werden in den meisten dieser Lehrpläne jedoch keine ausführlicheren Angaben gemacht.

Bayern; Themenbereich: Erfahrungen mit Wasser (Jgst. 2)

- „Stoffe in Wasser lösen: *wasserlösliche und wasserunlösliche Stoffe unterscheiden*; Stoffgemische herstellen, z.B. *Zucker- oder Salzlösung*“ [B 2000, S. 114]

Sachsen; Themenbereich: Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur (Jgst. 1/2)

- „*Wasser als Lösungsmittel: wasserlösliche, wasserunlösliche Stoffe*, Lösen und Trennen von Feststoffen über verschiedene Problemstellungen erarbeiten, *Begriffsverständnis*, Abhängigkeit von Wassertemperatur und –bewegung“ [S 2004, S. 10]

Mecklenburg-Vorpommern/Berlin/Brandenburg; Themenbereich: Wasser (Jgst. 3/4)

- „Veränderung des Wassers durch Experimente nachweisen: ..., *Wasser als Lösungsmittel*“ [MV/BE/BB, S. 41]

Bremen; Themenbereich: Wasser/Luft/Boden, (Jgst. 3/4)

- „Einfache Untersuchungen zu den Eigenschaften von Luft ... oder Wasser (z.B. Löslichkeit) oder Boden ... planen und durchführen“ [BR 2007, S. 28]

Niedersachsen; Themenbereich: Natur (Erwartete Kompetenzen am Ende des Schuljahrgangs 2)

- Versuche zum *Lösungsverhalten von festen Stoffen in Wasser* durchführen und beschreiben (mischen und trennen) – Eigenschaften von Stoffen vergleichen, ...“ [N 2006, S. 24]

Schleswig-Holstein; Themenbereich: Unbelebte Natur (Jgst. 3)

- „Einfache *Lösungen herstellen – Salzlösung, Zuckerlösung*“ [SH 1997, S. 113]

Nordrhein-Westfalen; Themenbereich: Gegenstände und Stoffe, Stoffe und ihre Umwandlung (Jgst. 3/4)

- „Mischungen und *Lösungen* herstellen und trennen“ [NW 2003, S. 59]

Zum Ende dieser Unterrichtseinheit soll erneut auf die in der UE 2 „Körper und Stoffe“ eingeführten Stoffeigenschaften Bezug genommen werden. Die Schüler lernen nun die Löslichkeit in Wasser als eine weitere Stoffeigenschaft kennen. Sie kann herangezogen werden, um Stoffe näher zu beschreiben und bestimmt als ein wesentliches Kriterium die Verwendung des jeweiligen Stoffes. Dieser Zusammenhang kann den Schülern an mehreren ihnen bekannten Alltagsbeispielen aufgezeigt werden.

Anknüpfend an die vorangegangenen Erfahrungen zum unterschiedlichen Verhalten von Holz, Steinen, Sand und Salz in Wasser sollen die Schüler diese und weitere feste Alltagsstoffe, wie z.B. Mehl, Zucker, Kreide, Kerzenwachs oder Metall, in Bezug auf die Löslichkeit bzw. Unlöslichkeit in Wasser unterscheiden. Entsprechende Versuche dienen der Überprüfung. Wie anfangs erläutert, bezieht sich die Behandlung des Themas Wasser als Lösungsmittel auf den makroskopischen Bereich. Deshalb wird den Schülern der Begriff Lösung phänomenologisch als klares durchsichtiges Stoffgemisch vermittelt. Unterstützt wird dieser Lerninhalt durch ein Schülerarbeitsblatt. Dabei empfiehlt es sich, den Schülern den Unterschied zwischen einer Lösung und einer „Nicht-Lösung“ (Suspension) zusätzlich an realen Beispielen zu zeigen.

Die Löslichkeit von Flüssigkeiten und Gasen in Wasser wird für Grundschüler vermutlich nicht bzw. schwer nachvollziehbar sein und daher nicht in dieser Unterrichtskonzeption behandelt.






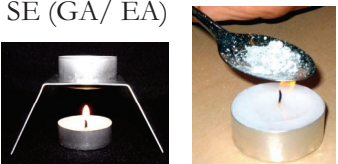
### 5.6.3. Möglicher Unterrichtsverlauf

Die Beschreibung eines möglichen Unterrichtsverlaufs strukturiert sich in Form von Doppelstunden. Wesentliche Unterrichtsabschnitte werden zunächst in einer Tabelle dargestellt. Dabei werden folgende Abkürzungen benutzt: AM: Anschauungsmittel, EA: Einzelarbeit, GA: Gruppenarbeit, HA: Hausaufgabe, L: Lehrer, LD: Lehrerdemonstration, LDE: Lehrerdemonstrationsexperiment, LV: Lehrervortrag, PA: Partnerarbeit, S: Schüler, SB: Schülerarbeitsblatt, SDE: Schülerdemonstrationsexperiment, SE: Schülerexperiment, ST: Schülertätigkeit, UE: Unterrichtseinheit, UG: Unterrichtsgespräch.

Im Anschluss an jede Tabelle werden einzelne Unterrichtsabschnitte (mit \* markiert) detaillierter beschrieben, insbesondere die Durchführung von Experimenten und Erfahrungen aus der Unterrichtserprobung (gekennzeichnet durch: ► **Aus der Praxis:**).

1. Doppelstunde		
<b>Lerninhalte/ Lernziele:</b> <b>1) Abwasserreinigung</b> Die Schüler sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>• aus einem Stoffgemisch (Wasser, Holzstücke, Steine, Sand, Salz) Wasser von den anderen Stoffen durch eigene Ideen und mit selbst gewählten Hilfsmitteln trennen,</li> <li>• Sieben und Filtrieren als Stofftrennmethoden sowie die dazugehörigen Materialien bzw. Geräte (Sieb, Trichter, Filterpapier) kennen lernen,</li> <li>• bewusst erfahren, dass Salz als gelöster Stoff zwar nicht mehr sichtbar, aber doch im Wasser vorhanden ist,</li> <li>• erkennen, dass sich Salz nicht durch Filtrieren vom Wasser trennen lässt,</li> <li>• Salz durch Eindampfen einer Salzlösung vom Wasser trennen.</li> </ul> <b>Wichtige Vorkenntnis:</b> Verdampfen und Kondensieren von Wasser <b>Hinweis:</b> Die gesamte Doppelstunde erfolgt in Form einer forschend-entwickelnden Vorgehensweise.		
Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Problemgewinnung</b>  <u>Problemfrage:</u> „Wie wird aus dem Abwasser (Schmutzwasser) wieder sauberes Wasser?“  Problemlösung mittels selbstständiger Planung und Durchführung von Experimenten durch die S	<u>UG, L-Impulse:</u> - „Wozu verbraucht der Mensch täglich Wasser?“/ „Was passiert mit dem Abwasser (Schmutzwasser)?“, - Aufgreifen bzw. Aufwerfen der Problemfrage durch den L, - einfaches Stoffgemisch aus Wasser, Holz, Steinen, Sand und Salz dient modellhaft als Schmutzwasser, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.  <u>Aufgabenstellung:</u> - Herstellen des Stoffgemisches, - Planen und Ausprobieren von Ideen zum Reinigen des Schmutzwassers. (Benötigte Materialien werden beim Lehrer angefordert.)	Wasser, Holzstückchen, Steine, Sand, Salz
<b>2. Planen und Durchführen von Experimenten *</b>	<u>Vorbereiten der GA:</u> - Bestimmen des Gruppenleiters und des Gruppen-Schriftführers, - Schriftführer erhalten SB.	<i>SB S. 54 „Wie wird aus Schmutzwasser wieder sauberes Wasser?“, Aufgaben 1 - 2</i>

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
	<p>- S stellen Schmutzwasser her und reinigen es anschließend nach eigenen Ideen und mit selbst gewählten Hilfsmitteln.</p> <p>- Schriftführer dokumentieren auf dem SB die einzelnen Schritte.</p> <p><u>Steuerung durch L:</u></p> <p>- L reicht den Gruppen nach und nach verschiedene Hilfsmittel (zunächst solche, die von den S angefordert werden, dann Sieb, Filter, ...),</p> <p>- L gibt gegebenenfalls Hinweise zum Gebrauch der einzelnen Hilfsmittel.</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b></p> <p>- häufig genutzte bzw. angeforderte Materialien: Sieb, Löffel, Papier- und Taschentuch, Handtuch, Schwamm,</p> <p>- selten angeforderte Hilfsmittel: Filtertüte bzw. Kaffeefilter.</p>	<p>SE (GA)</p>  <p>Sieb Filterpapier Trichter</p> 
<p><b>3. Auswerten der Beobachtungsergebnisse</b></p>	<p>- Gruppenleiter präsentieren ihr gereinigtes Schmutzwasser und beschreiben die gewählten Trennmethoden.</p> <p>- Einführen der entsprechenden Begriffe durch den L: Sieben, Filtrieren (Sedimentieren, Dekantieren)</p> <p>- Überprüfen, ob tatsächlich alle Schmutzstoffe aus dem Wasser entfernt worden sind</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b></p> <p>In allen Schülergruppen enthielt das Wasser noch Salz. Da es im Wasser nicht sichtbar war, wurde es von den Schülern vergessen.</p> <p>- Herausstellen, dass das Salz zwar nicht sichtbar, aber trotzdem im Wasser vorhanden ist: Das Salz hat sich in Wasser gelöst.</p> <p><u>Problematisierung durch den L:</u></p> <p>„Das Wasser ist noch nicht sauber. Das Salz muss vom Wasser getrennt werden.“</p>	<p>Gruppenleiter tauchen einen Finger in das Wasser und überprüfen den Geschmack.</p> 
<p><b>4. „Wie lässt sich das Salz vom Wasser trennen?“ (Problemfrage)</b></p> <p>4.1. Aufstellen von Vermutungen</p> <p>Überprüfen der Vermutungen mithilfe von Experimenten</p>	<p>forschend-entwickelnd:</p> <p>- Einholen von Schülervermutungen, UG</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b></p> <p>a) „Mit einem Strohhalm das Salz raussaugen.“</p> <p>b) „Man braucht einen Filter, wo die Löcher so klein sind, dass das Salz nicht durch kann.“</p>	

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
4.2. Durchführen von Experimenten und Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse	<p>- S probieren ihre Ideen aus und überprüfen das Ergebnis mittels Geschmacksprobe.</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b> In der Regel versuchten die Schüler, mithilfe eines Trinkhalmes oder mehrerer übereinander gelegter Filterpapiere oder sehr feinporiger Materialien das Salz aus dem Wasser zu entfernen. Die Schüler stellten fest, dass sich das Salz mittels Trinkhalm bzw. durch Filtrieren nicht vom Wasser trennen lässt.</p> <p><u>L-Hinweis:</u> „Das Salz ist im Wasser gelöst. Gelöste Stoffe lassen sich nicht durch Filtrieren vom Wasser trennen.“ („Das Salz verteilt sich beim Lösen zu winzig kleinen Teilchen ganz fein im Wasser. Deshalb dringt es selbst durch die kleinsten Poren eines Filterpapiers.“)</p>	SE (GA) Trinkhalme
4.3. Durchführen eines Experimentes zur Problemlösung *	<p>- S bzw. L unterbreiten einen neuen Lösungsvorschlag: Eindampfen der Salzlösung.</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b> Nur ein Schüler hatte diese Idee. „Man muss das Wasser in einen Topf machen und abkochen. Das Wasser verdampft und am Boden ist das Salz.“</p> <p>- S führen das Experiment durch und erkennen das zurückbleibende Salz anhand der Stoffeigenschaften (fest, weiß, salzig).</p> <p><u>Rückkopplung zum Ausgangsproblem (aus Abwasser sauberes Wasser gewinnen):</u> - Problemformulierung durch L bzw. S: „Wie lässt sich beim Eindampfen der Lösung gleichzeitig das Wasser auffangen?“, - S planen dazu ein Experiment und probieren es aus, siehe SB (auch als HA möglich).</p>	<p>SE (GA/ EA)</p> <div data-bbox="1098 1317 1436 1480">  </div> <p>SB S. 55 „Wie wird aus Schmutzwasser wieder sauberes Wasser?“, Aufgaben 1 - 3 LDE mit ST/ SE (GA): - Wasserdampf während des Eindampfens der Lösung auffangen und kondensieren lassen, - nach Abkühlung Geschmacksprobe vornehmen.</p>
5. Wissenssicherung	<u>Wiederholung/ Zusammenfassung:</u> Einsatz des SB (auch als HA möglich)	SB S. 56 „Methoden der Stofftrennung“, Aufgabe 1

## Zu 2. Planung und Durchführung von Experimenten

### Materialien

pro Klasse:

- 4 Gefäße, jeweils gefüllt mit Holzstücken, Steinen, Sand und Salz.

pro Gruppe:

- Gefäß mit Wasser (ca. 500 ml),
- größere Schüssel (eventuell weitere Gefäße, z.B. Einweckgläser),
- Handtuch (als Unterlage) und/ oder Küchenpapier,
- Esslöffel,
- Sieb, Trichter, Filterpapier (für die Schüler nicht sichtbar bereithalten, Bild 1).



### Durchführung

Jede Gruppe füllt mit dem Esslöffel einige Holzstücke, Steine, etwas Sand und ungefähr 2 Esslöffel Salz in das Gefäß mit Wasser. Anschließend wird kräftig umgerührt. Nun versuchen die Gruppen mit geeigneten Mitteln, die beim Lehrer angefordert werden können, das Wasser wieder zu reinigen (Bild 2).



### ► Aus der Praxis:

#### Schülerideen

a) Absammeln und Sortieren (Bilder 3 und 4)



b) Feststoffe absetzen lassen und anschließend Wasser abgießen/ Sedimentieren und Dekantieren (Bilder 5 und 6)





c) Sieben (Bild 7)



d) Filtrieren: mit einem Blatt Papier (Bild 8), mit Papiertüchern (Bilder 9 und 10) oder Taschentüchern, mit einem Schwamm, mit dem Handtuch



Die vom Lehrer gereichten Hilfsmittel (zuerst Filterpapier, dann Trichter) wurden von den Schülern auf unterschiedliche Weise gehandhabt (Bilder 11 - 15).





### Zu 4.3. Durchführen eines Experimentes zur Problemlösung

#### Materialien (Variante a)

pro Gruppe:

- Stativbrücke aus Aluminium (Bild 1),  
bzw. Dosenbrenner (siehe UE 5, S. 167 f.),
- Aluminiumgehäuse eines Teelichts als „Topf“ (Bild 1),
- Teelicht,
- Feueranzünder.



#### Materialien (Variante b)

pro Klasse:

- Pipette zum Verteilen der Salzlösung (Bild 2).



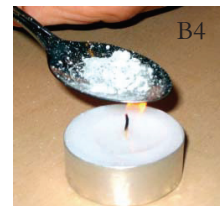
pro Schüler:

- Teelöffel (Bild 3),
- Teelicht (Bild 3).



#### Durchführung (Variante a und b)

Etwas Salzlösung wird in den „Topf“ gegossen bzw. mittels Pipette auf den Teelöffel gegeben. Nun wird die Lösung mittels Kerzenflamme eingedampft.



#### Beobachtung (Variante a und b)

Nach kurzer Zeit verdampft das Wasser. Im „Topf“ bzw. im Teelöffel bleibt das weiße Salz zurück (Bilder 4 und 5).



#### **Didaktisch-methodische Hinweise:**

Die Schüler können auch einige Tropfen einer konzentrierten (gesättigten) Salzlösung eindampfen, die vom Lehrer vorbereitet wurde. Dazu wird in ein Gefäß mit Wasser so viel Salz gegeben, bis sich kein Salz mehr lösen kann. Es setzt sich am Boden des Gefäßes ab. Anschließend wird die klare Lösung in ein anderes Gefäß gegossen, welches unbedingt gekennzeichnet werden sollte.

## 2. Doppelstunde

### Lerninhalte/Lernziele:

#### 2) Salzgewinnung (Anwendung der Stofftrennungsmethoden)

Die Schüler sollen

- etwas über die Bedeutung und Gewinnung von Speisesalz erfahren,
- durch Versuche Salz aus Meerwasser und/ oder aus Steinsalz gewinnen.



#### 3) Löslichkeit in Wasser als Stoffeigenschaft

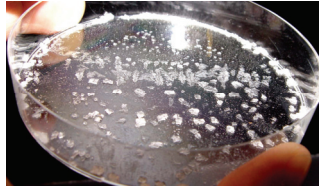

Die Schüler sollen


- Lösungen als klare und durchsichtige Stoffgemische erfassen und beschreiben können,
- wissen, dass verschiedene Feststoffe sich hinsichtlich der Löslichkeit bzw. Nichtlöslichkeit in Wasser unterscheiden.
- Beispiele für die Anwendung/ Nutzung der Löslichkeit von Feststoffen im Alltag nennen können.

#### Wichtige Vorkenntnisse:

- Sieben, Filtrieren und Eindampfen als Stofftrennmethoden,
- Verdunsten von Wasser.

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Problemgewinnung</b>  <u>Problemfragen:</u> 1. „Wie kann Salz aus Meerwasser gewonnen werden?“ 2. „Wie kann aus Steinsalz Speisesalz gewonnen werden?“	<u>UG:</u> - Bedeutung von Speisesalz in der Geschichte und in der Gegenwart, - Salzgewinnung, L-Impulse: „Woraus wird Speisesalz gewonnen?“/ „Wo kommt Salz in der Natur vor?“ <b>► Aus der Praxis:</b> „Aus dem Meer.“ „Aus den Bergen/ Steinen/ aus der Erde.“  - Aufwerfen der Problemfragen durch L oder S (Im Folgenden kann wahlweise die Salzgewinnung aus Meerwasser oder aus Steinsalz thematisiert werden.)	SB S. 57 „Salz – das weiße Gold“, Aufgabe 1 
<b>2. „Wie kann Salz aus Meerwasser gewonnen werden?“</b> 2.1. Aufstellen von Vermutungen  Überprüfen der Vermutungen mithilfe von Experimenten  2.2. Durchführen der Experimente	- L präsentiert Meersalz und Gefäß mit Meerwasser. <b>► Aus der Praxis:</b> a) „Das Wasser muss verdampft werden und dann bleibt das Salz zurück.“ b) „Wir können das Wasser auch von der Sonne verdunsten lassen.“  <u>Zu a):</u> S planen, beschreiben ein Experiment und führen dieses durch.  <u>Zu b):</u> - S planen und beschreiben ein Experiment, - gemeinsame Durchführung. (Auswertung dieses Versuches kann erst an einem anderen Tag erfolgen.)	Meersalz, Gefäß mit Meerwasser  SE (EA/ PA/ GA): Eindampfen von Meerwasser im Teelöffel bzw. mithilfe einer Stativbrücke (oder eines Dosenbrenners)  LDE (Langzeitexperiment): Meerwasser wird in eine flache Schale (z.B. Petrischale) gegeben und auf das Fensterbrett gestellt.

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
2.3. Überprüfen der Vermutung mithilfe der Beobachtungsergebnisse <u>Problemlösung</u>	<u>Auswerten der Beobachtungen:</u> - S identifizieren das Salz anhand der Stoffeigenschaften, - S überprüfen die Vermutung a) und beantworten die Problemfrage.	
2.4. Wissenssicherung	- S lesen Informationstext auf dem SB.	SB S. 58 „Salzgewinnung aus Meerwasser“, Aufgabe 1
<b>3. „Wie kann aus Steinsalz Speisesalz gewonnen werden?“</b> 3.1. Problemlösung mittels selbstständiger Planung und Durchführung von Experimenten durch die Schüler *	- S-Gruppen erhalten ein Gefäß mit „Steinsalz“. - S planen Schrittfolge der Stofftrennung zur Gewinnung des Salzes. - S wählen entsprechende Geräte bzw. Hilfsmittel aus. - S trennen selbstständig das Salz aus dem Stoffgemisch.  - S-Gruppen präsentieren ihr Ergebnis.	SE (GA) 
3.2. Wissenssicherung	- S lesen Informationstext auf dem SB.  (Interessante Informationen und Bilder aus der Wissenschaftssendung „Quarks & Co“, z.B. „Wie das Salz auf die Erde kam“ oder „Salz im Körper“)	SB S. 59 „Salzgewinnung aus Steinsalz“, Aufgabe 1  <a href="http://www.wdr.de/tv/quarks">http://www.wdr.de/tv/quarks</a>
<b>4. Löslichkeit in Wasser als Stoffeigenschaft</b>	- Herausstellen, dass man Stoffe in Bezug auf Löslichkeit in Wasser unterscheiden kann  <u>Erkennungsmerkmale einer Lösung:</u> - S lesen Text auf dem SB, - S lösen Anwendungsaufgabe auf dem SB.  <u>Lösliche und nicht lösliche Alltagsstoffe:</u> - S lösen Aufgabe 3 auf dem SB, - S führen Untersuchungen durch.  <u>Anwendung, Nutzen der Löslichkeit von Feststoffen im Alltag, z.B.:</u> - Lösen von Salz im Kochwasser für Nudeln/ Kartoffeln, - Lösen von Zucker zum Versüßen von Getränken (Brause, Cola, ...), - Lösen von Farbstoffen zum Färben von Wasser (Ostereierfarben), - Lösen von Farb- und Geschmacksstoffen beim Aufbrühen von Tee oder Kaffee.	LD: Lösungen und „Nicht-Lösungen“ (Suspensionen) SB S. 60 „Löslichkeit in Wasser ist eine Stoffeigenschaft“, Aufgaben 1 - 2  SB S. 59, Aufgabe 3 SE (PA/ GA): Überprüfen der Löslichkeit weiterer Stoffe (z.B. Mehl, Zucker, Kreide)

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p><b>5. Vertiefung/ Ergänzung</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S gestalten Papier/ Pappe mit Salzwasser (fächerverbindender Unterricht: Kunst, Werken).</li> <li>- S fertigen einen Steckbrief zu Salz an (mögliche HA).</li> </ul> <p><u>Anknüpfungsmöglichkeiten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Löslichkeit in Abhängigkeit von der Temperatur („Warum gießt man Tee mit heißem Wasser auf?“),</li> <li>- Kristalle züchten,</li> <li>- S recherchieren zu Fragen im Internet, z.B.: „Warum ist das Meer salzig?“/ „Wie kommt das Salz ins Meer?“</li> </ul>	<p>SE (EA):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- einen Pinsel in konzentrierte Salzlösung tauchen und damit ein dunkles Pappstück gestalten (Salzlösung dick auftragen),</li> <li>- mit einem Föhn trocknen.</li> </ul>  <p><a href="http://www.blinde-kuh.de/">http://www.blinde-kuh.de/</a> (Suchmaschine für Kinder)</p>

### Zu 3.1 Problemlösung mittels selbstständiger Planung und Durchführung von Experimenten durch die Schüler

#### Materialien

pro Gruppe:

- Gefäß mit einem Gemisch aus Sand, Salz und Steinen („Steinsalz“, Bild 1).

#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Es sollte dem Gemisch genügend Salz beigemischt werden, damit die Schüler nach dem Eindampfen der Lösung ein gut sichtbares Ergebnis erhalten.

Auf einem extra Tisch stehen folgende Geräte/ Hilfsmittel für die Schülergruppen bei Bedarf zur Abholung bereit:

- mehrere Gefäße (Gläser, Schüsseln),
- Filterpapier,
- Trichter,
- Teelöffel und/ oder Stativbrücke bzw. Dosenbrenner mit Teelichtgehäuse „Topf“,
- Kerzen,
- Feueranzünder,
- größeres Gefäß mit Wasser, sofern im Raum kein Waschbecken vorhanden ist.



#### ► Aus der Praxis:

Allen Schülergruppen gelang es ohne Hilfe des Lehrers, das Salz aus dem Stoffgemisch zu trennen. Die Wahl der einzelnen Trennmethode sowie deren Reihenfolge waren teilweise unterschiedlich.

1. Die Schüler setzten dem Gemisch zuerst Wasser bei und haben anschließend sedimentiert, dekantiert und/ oder gesiebt (Bild 2 und 3).

oder

Die Schüler haben das Steinsalzgemisch zuerst gesiebt und dann dem Gemisch aus Sand und Salz Wasser zugesetzt (Bild 4 und 5).



2. Als nächsten Schritt haben die Schüler mehrmals hintereinander filtriert bis eine klare Lösung entstanden ist (Bild 6).



3. Zum Schluss wurde die Salzlösung eingedampft (Bilder 7 bis 10). Das Salz konnte anhand der sichtbaren Eigenschaften und mittels Geschmacksprobe identifiziert werden.





## 5.7. Beschreibung der UE 7 „Stoffumwandlung“



### 5.7.1. Lerninhalte/ Lernziele

#### 1) Erhitzen von Stoffen, die dabei ihren Aggregatzustand ändern

Die Schüler sollen

- das Verhalten von Wasser, Wachs und Salz beim Erhitzen und anschließenden Abkühlen untersuchen und vergleichen,
- ihr Wissen zu den Aggregatzustandsänderungen am Beispiel des Wassers wiederholen und am Beispiel des Schmelzens und Erstarrens von Wachs und Salz anwenden,
- anhand der Stoffeigenschaften begründen können, dass beim Erhitzen und Abkühlen von Wasser, Wachs und Salz die Stoffart jeweils erhalten bleibt.

#### 2) Erhitzen von Stoffen, die dabei zu einem anderen Stoff (anderen Stoffen) umgewandelt werden

Die Schüler sollen

- das Verhalten von Zucker, Milch und Holz beim Erhitzen und anschließenden Abkühlen untersuchen und vergleichen,
- durch Vergleichen der jeweiligen Stoffeigenschaften vor und nach dem Erhitzen schlussfolgern, dass die Ausgangsstoffe aufgehört haben zu bestehen und dafür neue Stoffe entstanden sind,
- einen der entstandenen Stoffe anhand der Stoffeigenschaften als Kohlenstoff identifizieren.

#### 3) Einführung des Begriffes Stoffumwandlung

Die Schüler sollen

- am Beispiel des Verkohlens von Zucker, Milch und Holz erfahren, dass beim Erhitzen dieser Stoffe eine Stoffumwandlung stattfindet,
- wissen, dass Stoffe bei einer Stoffumwandlung aufhören zu bestehen und dafür neue Stoffe mit anderen Eigenschaften entstehen,
- sich im Erkennen von Stoffumwandlungen am Beispiel unterschiedlicher Alltagsvorgänge (z.B. Zerkleinern von Lebensmitteln, Herstellen von Stoffgemischen und Lösungen, Auflösen einer Brausetablette in Wasser) üben und entscheiden, ob eine Stoffumwandlung stattfindet oder nicht und ihre Entscheidung begründen können.

## 5.7.2. *Didaktische und methodische Aspekte*

### **Zu 1) Erhitzen von Stoffen, die dabei ihren Aggregatzustand ändern**

In der Regel beziehen sich die Rahmenpläne für die Grundschule bei einer Behandlung der Aggregatzustandsänderungen auf den Stoff Wasser. Im bayerischen und hessischen Lehrplan wird u.a. auch Wachs als weiteres Untersuchungsbeispiel aufgezählt.

Bayern; Themenbereich: Erfahrungen mit Temperaturen (Jgst. 2)

- „Einfluss verschiedener Temperaturen auf Materialien und Stoffe untersuchen: verschiedene Materialien und Stoffe prüfen (Wachs, Holz, Papier, Zinn, Wasser u. Ä.): Ausdehnen, Verformen, Verkohlen, Schmelzen, Verfestigen“ [B 2000, S. 114]

Hessen; Themenbereich: Materialien/Materialeigenschaften (Jgst. 1/2)

- „Zustandsarten von Wachs untersuchen, Wachse schmelzen, Wachs verformen“ [HE 1995, S. 136]

### **Zu 2) Erhitzen von Stoffen, die dabei zu einem anderen Stoff (anderen Stoffen) umgewandelt werden**

### **Zu 3) Einführung des Begriffes Stoffumwandlung**

Lerninhalte im Zusammenhang mit Stoffumwandlungen finden sich nur in einigen wenigen Lehrplänen für die Grundschule wieder, jedoch ohne konkretere Hinweise für eine unterrichtliche Umsetzung. Das Beispiel des Verkohlens von Stoffen wird lediglich im bayerischen Rahmenplan aufgeführt. Ob und inwieweit eine Einführung des Begriffes Stoffumwandlung erfolgen soll, wird in diesem Zusammenhang allerdings nicht erwähnt.

Bayern; Themenbereich: Erfahrungen mit Temperaturen (Jgst. 2)

- „Einfluss verschiedener Temperaturen auf Materialien und Stoffe untersuchen: verschiedene Materialien und Stoffe prüfen (Wachs, Holz, Papier, Zinn, Wasser u. Ä.): Ausdehnen, Verformen, Verkohlen, Schmelzen, Verfestigen“ [B 2000, S. 114]

Nordrhein-Westfalen; Themenbereich: Stoffe und ihre Umwandlung (Jgst. 3/4)

- „Stoffumwandlung beobachten und herbeiführen“ [NW 2003, S. 59]

Schleswig-Holstein; Themenbereich: Natur und Umwelt erkunden II – Unbelebte Natur (Jgst. 4)

- „Stoffumwandlung durch hohe Temperaturen erkennen/Stoffumwandlungen durch Erhitzen und Verbrennen“ [SH 1997, S. 113]

Niedersachsen; Themenbereich: Natur (Erwartete Kompetenzen am Ende des Schuljahrgangs 4)

- „Veränderung von Stoffen durch Verbrennung erkennen“ [N 2006, S. 25]

Die folgende Darlegung wichtiger Erkenntnisse zu Schülervorstellungen sowie die Beschreibung und Begründung des Unterrichtsganges der UE 7 „Stoffumwandlung“ bezieht sich zusammenfassend auf die Lerninhalte 1), 2) und 3).

Bereits vor dem Einsetzen eines naturwissenschaftlichen Unterrichts sammeln Schüler in der Auseinandersetzung mit der stofflichen Lebenswelt Erfahrungen, die zur Ausbildung von Vorstellungen zu Stoffen und Stoffumwandlungen führen. Untersuchungen zeigen, dass diese nicht mit den zu lernenden wissenschaftlichen Erklärungen übereinstimmen. Bei der Erklärung chemischer Vorgänge greifen jüngere Kinder im Anfangsunterricht zunächst auf animistische und artifiziellistische Vorstellungen zurück, z.B.:

- „Holz will nicht brennen“,
- „Säuren zerfressen Metalle“,
- „Das Holz brennt, damit man sich wärmen kann“ [BARKE 2006 aus SPÄGELE 2008, S. 56].

Mit zunehmendem Alter deuten Schüler die chemischen Vorgänge einer Stoffumwandlung fälschlicherweise als biologische oder physikalische Veränderungen. Folgende Äußerungen 11- bis 12-jähriger Schüler zum Erhitzen von Zucker bzw. Kupfer oder zum Rosten von Eisen verdeutlichen das Heranziehen biologischer Erklärungsmuster, die durch Alltagssprache und Alltagserfahrungen, möglicherweise auch durch eine dominierende Vermittlung biologischer Lerninhalte, hervorgerufen werden können.

- „Mit dem Zucker ist ein Stoffwechsel passiert“ [EHLERT 1990, S. 79].
- „Auf dem Kupfer hat sich Schimmel abgesetzt“ [EHLERT 1990, S. 79].
- „Die Eisenteilchen sind alt geworden“ [EHLERT 1990, S. 82].
- „Eisen ist verwest“ [EHLERT 1990, S. 82].

Aber auch physikalische Vorgänge wie Aggregatzustandsänderungen oder das Verformen und Zerteilen von Stoffen bzw. Körpern, die den Schülern aus dem Alltag oder Unterricht bereits bekannt und vertraut sind, werden auf chemische Veränderungen übertragen [STRUNK 1998, S. 135]. Die rückstandslose Verbrennung von Spiritus wird von Schülern z.B. in Zusammenhang mit der Verdunstung von Wasser gestellt - einem aus Sicht der Schüler ähnlichem Vorgang, da das Wasser ebenfalls ohne Rückstand „verschwindet“ [PFUNDT 1982, S. 169].

Untersuchungen von z.B. PFUNDT (1982) und EHLERT (1990) zeigen, dass sich ein chemisches Verständnis zu Phänomenen der Stoffumwandlung vor einer unterrichtlichen Behandlung des Themas noch nicht anbahnt. PFUNDTs Erkenntnisse resultieren aus Beobachtungen des eigenen Unterrichts sowie aus Befragungen von 8- bis 13-jährigen Schülern zu Stoffumwandlungen. EHLERT erfasste im Rahmen ihrer Dissertation Vorstellungen und Deutungen von Schülern der Klasse 5, 6 und 7 (11- bis 13-Jährige), wobei die Schüler in der 7. Klasse bereits Chemieunterricht erhielten. Folgende Schülerauffassungen zu stofflichen Veränderungen, die im Widerspruch zu dem im Unterricht zu vermittelnden Konzept stehen, kristallisierten sich heraus:

- a) Stoffumwandlung wird als Änderung der Eigenschaften von Stoffen gedeutet,
- b) Stoffumwandlung wird als irreversible Zerstörung der Stoffe interpretiert,
- c) Stoffumwandlung wird als völlige Vernichtung der Stoffe angesehen,
- d) Stoffumwandlung wird als Mischung und Entmischung (Zerlegung) von Stoffen gedeutet,
- e) Stoffumwandlung wird als eine Aggregatzustandsänderung interpretiert.

#### **Zu a) Stoffumwandlung wird als Änderung der Eigenschaften von Stoffen gedeutet.**

Die Schüler gehen davon aus, dass Stoffe (als eine Art Eigenschaftsträger) ihre Eigenschaften, z.B. die Farbe, ändern können. Diese Veränderungen können geringfügig sein, aber auch zu einer völligen Verwandlung des Stoffes führen. Der Stoff selbst bleibt dabei erhalten. Typische Schülerannahmen sind beispielsweise, dass nach dem Erhitzen von Zucker oder Kupfer schwarzer Zucker bzw. schwarzes Kupfer vorliegen [FRITSCH et al. 1989, S. 64; PFUNDT 1982]. Auch das Rosten von Eisen wird von Schülern häufig so gedeutet: „Eisen bleibt erhalten, es wird nur braun und porös.“ [EHLERT 1990, S. 85] Dieses alltagstaugliche Konzept widerspricht der wissenschaftlichen Sichtweise, die beim Erscheinen neuer Stoffeigenschaften auf die Bildung neuer Stoffe schließt.

Dieses naive Präkonzept, dass Stoffe ihre Identität immer bewahren und nur ihre äußerlichen Eigenschaften ändern, führt SCHLÖPKE auf Erfahrungen aus Mythen und Märchen zurück. Dabei greifen Kinder auf ein bekanntes Verwandlungsmuster (wie z.B. die Verwandlung eines Bären oder Frosches in einen Prinzen) zurück und versuchen nach diesem Schema naturwissenschaftliche Phänomene erklärbar zu machen (Abb. 2 aus [SPÄGELE 2008, S. 58]). Nach dieser Vorstellung können Eigenschaften verliehen, übertragen oder weggenommen werden. Laut SCHLÖPKE liegen dem Konzept der Eigenschaftsänderung drei naive Theorien zugrunde:

- „Substrat- oder Verwandlungsschema (Jedem Stoff liegt ein eigenschaftsloser oder eigenschaftsarmer Kern (Substrat) zugrunde.),

- Schema des verborgenen Seins oder das Latenzschema (In Stoffen sind verborgene Eigenschaften enthalten.),
- Beseelungs- oder Vitalismusschema (In Stoffen sind verborgene Kräfte oder Fähigkeiten angelegt.)“ [SPÄGELE 2008, S. 57].

Die Beseelungstheorie schließt animistische Vorstellungen mit ein. Den Stoffen werden biotische und geistige Kräfte, Willen und Intention zugesprochen.

Die Theorie des Verborgenen Seins, nach der Eigenschaften, wie z.B. die Farbe, in Stoffen angelegt sind und je nach Reaktion auftauchen bzw. verschwinden können, wird auch als „Vermummungsvorstellung“ (z.B. PFUNDT oder EHLERT) bezeichnet und dem Konzept des Mischens und Entmischens (Zerlegens) von Stoffen zugeordnet (vgl. S. 207).

### Mythos/ Märchen

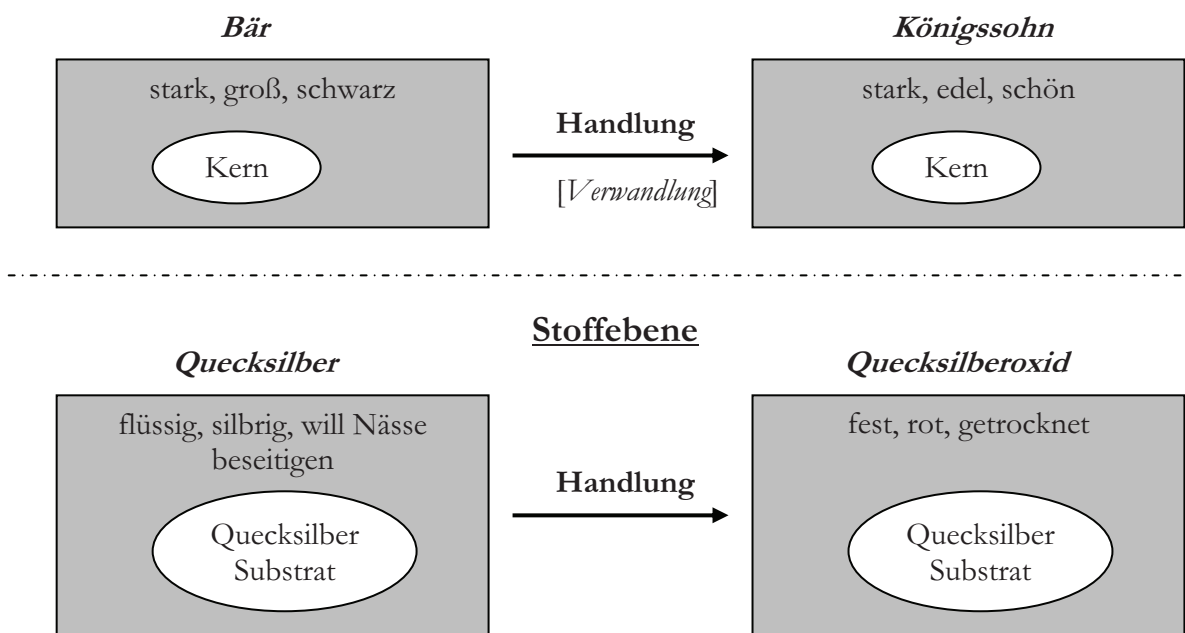


Abb. 3: Verwandlungsschema nach SCHLÖPKE (1991) [SPÄGELE 2008, S. 58]

#### **Zu b) Stoffumwandlung wird als irreversible Zerstörung der Stoffe interpretiert.**

„Aus Umgangssprache und Erfahrungen heraus werden Stoffe häufig danach beurteilt, inwieweit sie für den Menschen nutzbar bzw. nutzbringend sind. Entsprechend werten viele Schüler z.B. Holz als nutzbar, aber Asche als nicht nutzbar. Bei der Bildung scheinbar nutzloser Produkte wird häufig eine Zerstörung des Stoffes in der Stoffumwandlung angenommen. Diese Zerstörung wird als irreversibel betrachtet. Es wird vermutet, dass die Stoffe nicht verschwinden, sondern ‚unbrauchbar‘ werden, zu einem Überrest wie Staub, Asche, Ruß o.Ä.. Bei Verbrennungsreaktionen deuten Formulierungen wie: ‚Der Stoff ist verbrannt, angebrannt, verkohlt oder zersetzt‘ ebenfalls auf das Vorliegen dieses inneren Modells“ [FRITSCH et al. 1989, S. 64].

Pfundt befragte Schüler u.a. zum Verbrennen von Spiritus, wobei auch hier die Vorstellung einer irreversiblen Zerstörung des Stoffes überwog. „Spiritus hört auf zu existieren, und Gase beginnen zu existieren. Aus diesen Gasen lässt sich nicht wieder Spiritus herstellen, da Spiritus verbrannt ist“. Spiritus ist unwiederbringlich zerstört.“ [PFUNDT 1982, S. 169] Dass Luft bzw. Sauerstoff bei der Verbrennung von Spiritus beteiligt sind, wurde von keinem Schüler erwähnt. Auch das Verbrennen bzw. Verglühen von Feststoffen, wie z.B. Metallen, Koks oder Holz, deuten Schüler zu Beginn des Chemieunterrichts als endgültige Zerstörung der Stoffe. Damit meinen sie nicht das Verschwinden der Anfangsstoffe, sondern, dass diese aus den Endstoffen grundsätzlich nicht zurückgewonnen werden können [PFUNDT 1982].

**Zu c) Stoffumwandlung wird als völlige Vernichtung der Stoffe angesehen.**

Diese Schülervorstellung tritt v.a. dann auf, wenn bei Stoffumwandlungen gasförmige Stoffe entstehen. Insbesondere die Bildung farbloser Gase bei chemischen Reaktionen lässt Schüler annehmen, dass die Anfangsstoffe verschwinden, sich früher oder später „in Nichts auflösen“. Alltagserfahrungen wie das „Wegbrennen“ einer Kerze induzieren diese Vorstellung [FRITSCH et al. 1989].

**Zu d) Stoffumwandlung wird als Mischung und Entmischung (Zerlegung) von Stoffen gedeutet.**

Diese Deutung stofflicher Veränderungen beruht auf der Annahme, dass Stoffe sich aus mehreren Stoffen bzw. Bestandteilen zusammensetzen, die jeweils bestimmte Eigenschaften besitzen. Während einer Stoffumwandlung wird der zusammengesetzte Stoff zerlegt und ein Bestandteil entweicht. Damit wird dann beispielsweise das Verschwinden bestimmter Stoffeigenschaften während einer chemischen Reaktion erklärt. Das Erscheinen neuer Eigenschaften während einer Stoffumwandlung ist nach dieser Auffassung auch begründbar. Beim Zerlegen bzw. Entmischen des Stoffes bleiben Bestandteile zurück, deren Eigenschaften nun hervortreten [FRITSCH et al. 1989]. Folgende Schüleraussage zum Verkohlen von Zucker verdeutlicht diese Vorstellung: „Ein Stoff hat den Zucker weiß gefärbt. Dieser Stoff ist verdampft, danach ist der Rest schwarz“ [EHLERT 1990, S. 78]. In PFUNDT's Untersuchungen tauchte die Deutung im Sinne einer Mischung und Entmischung von Stoffen z.B. bei der Gewinnung von Blei aus einem braunen Bleierz (Blei (IV) –oxid) auf: „Sowohl Blei wie auch Bleioxid wurden als zusammengesetzte Stoffe betrachtet, deren Bestandteile während des betrachteten Vorgangs ganz unterschiedliche Schicksale haben“ [PFUNDT 1982, S. 174].

Eine umgekehrte Denkweise, dass Stoffe sich bei einer chemischen Reaktion zu einem neuen Stoff mischen, wurde z.B. bei der Befragung zur Reaktion von Zink mit Chlor geäußert: „Zink und Chlor mischen sich zu einem neuen Stoff, in dem die Eigenschaften der Ausgangsstoffe versteckt sind (Vermummungsvorstellung)“ [EHLERT 1990, S. 87].

**Zu e) Stoffumwandlung wird als eine Aggregatzustandsänderung interpretiert.**

Das Schmelzen, Verdampfen und Kondensieren von Stoffen ist den Schülern aus dem Alltag bzw. aus dem Unterricht bekannt. Solche Zustandsänderungen sind mit Stoffumwandlungen verbunden. Deshalb können entsprechende Erscheinungen die Effekte der Stoffumwandlung überlagern. „So dominiert beim Erhitzen von Zucker das Schmelzen des Stoffes als Zustandsänderung vor dem Effekt der Zuckerbräunung“ [EHLERT 1990, S. 77]. Die Bildung neuer Stoffe mit anderen Eigenschaften wird mithilfe der Aggregatzustandsänderungen erklärt.

Das Verbrennen von Spiritus wurde neben der Auffassung der irreversiblen Zerstörung des Stoffes auch als Verdunstungsvorgang, vergleichsweise mit dem Verdunsten von Wasser, gedeutet [PFUNDT 1982].

Schüler verfügen meist über mehrere dieser Vorstellungen, die wechselnd, je nach dem Erscheinungsbild einer chemischen Reaktion, zur Deutung herangezogen werden. Das bedeutet, dass die Anwendung von Schülervorstellungen experimentengebunden ist.

So deuten in EHLERT's Untersuchungen viele Schüler (5. und 6. Klasse) die Verbrennung von Holz im Sinne einer irreversiblen Zerstörung des Stoffes, da die Endprodukte von den Schülern als Reststoffe angesehen werden. Dagegen induziert die zu beobachtende Farbänderung beim Anlaufen von Kupfer und beim Rosten von Eisen die Anwendung der Vorstellung vom Erhalt des Stoffes als Träger bestimmter wechselnder Eigenschaften. Diese beiden eben genannten Schülerauffassungen überwiegen in der Klasse 5. Die Annahme einer völligen Vernichtung von Stoffen tritt entgegen den Befunden von z.B. KRAUSE, STÜCKRATH, PFUNDT nur vereinzelt auf [KRAUSE et al. aus FRITSCH et al. 1989, S. 64]. Auch eine neuere Untersuchung von SPÄGELE (2008) zum naturwissenschaftlichen Vorverständnis von Schulanfängern zeigt, dass Kinder das Abbrennen einer Kerze nicht mit dem „Verschwinden“ oder „Vernichten“ von Wachs erklären. Einzelne Kinder, die zwar den Schmelz- und Verbrennungsvorgang erwähnten, konnten über den Verbleib des Waxes nichts Weiteres aussagen. Andere Kinder waren der Meinung, dass das Wachs beim Brennen nur „heruntertropft“ oder von der Kerze „aufgesaugt“



wird. Die Mehrheit der Befragten ging sogar von einem Massenerhalt aus ohne dabei die gasförmigen Stoffe mit einzubeziehen [SPÄGELE 2008, S. 203].

Am Ende der Klasse 6, nach einem Jahr Physikunterricht, in welchem sich die Schüler intensiv mit Vorgängen wie Schmelzen, Verdampfen, Kondensieren oder Zerkleinern von Stoffen bzw. Körpern befassen, versucht die Mehrheit der Schüler Stoffumwandlungen als Aggregatzustandsänderung zu deuten [FRITSCH et al. 1989, S. 64].

Nach dem Chemieunterricht der Klasse sieben (nach einem Jahr Chemieunterricht) interpretiert die Mehrzahl der Schüler die Stoffumwandlung im wissenschaftlichen Sinn: Bildung neuer Stoffe mit anderen Eigenschaften bei gleichzeitigem Verbrauch der Ausgangsstoffe. Allerdings bestehen daneben auch weiterhin Fehlvorstellungen. So fassen einige Schüler experimentgebunden die Stoffumwandlung als Mischen und Entmischen von Stoffen auf. Auch die Vorstellung von der „Vermummung“ der Stoffeigenschaften tritt gelegentlich auf. Dabei vertreten die Schüler die Auffassung, dass die Stoffe erhalten bleiben, ihre Eigenschaften jedoch in den Reaktionsprodukten „versteckt“ und deshalb nicht zu sehen sind [EHLERT 1990, S. 87].

Welche möglichen Konsequenzen lassen sich in Anlehnung an die eben aufgeführten Erkenntnisse von Schülervorstellungen zu Stoffumwandlungen in Bezug auf den Sachunterricht der Grundschule ziehen? STRUNK stellt die Frage, ob primäre Denkschemata (z.B. biologische oder physikalische) nicht allzu verfestigt sind, wenn Schüler erst in der Sekundarstufe an chemische Vorgänge und Erklärungsmuster herangeführt werden. Er gibt zu bedenken, dass der Sachunterricht kaum ein einziges Beispiel für chemische Stoffumwandlungen behandelt, höchstens beim Thema Feuer. Dagegen werden physikalische Veränderungen „wie Schmelzen von Eis, Komprimierung von Luft oder Lösen von Zucker durchaus vertieft unterrichtet“ [STRUNK 1998, S. 135]. STRUNKs Meinung nach müsste die Stoffkunde „eine differenziertere, mittlere Sichtweise vermitteln, dass also radikale Stoffumwandlungen nur bei manchen Stoffen und nur unter bestimmten Bedingungen möglich sind“ [STRUNK 1998, S. 138]. Allerdings räumt er aufgrund fehlender atomistischer Vorstellungen mögliche konzeptionelle Schwierigkeiten und Unzulänglichkeiten bei einer unterrichtlichen Umsetzung mit ein.

Die am Anfang dieses Kapitels aufgeführten Bezüge zu Lehrplaninhalten des Sachunterrichts zeigen, dass dem Thema Stoffumwandlung auch in den aktuellen Rahmenplänen für die Grundschule kaum Gewichtung beigemessen wird. Fraglich ist außerdem, ob eine Heranführung am Beispiel der Verbrennung, wie in den Plänen Schleswig-Holsteins und Niedersachsens vorgeschlagen wird, sinnvoll ist. Denn aus einer Studie mit 10- bis 12-jährigen Kindern geht hervor, dass gerade die Verbrennung für Schüler besonders schwer zu verstehen ist [MÉHEUT et al. 1985 aus STRUNK 1998, S. 139]. Sie begreifen die Verbrennung nicht als Interaktion zwischen Brennstoff und Sauerstoff bzw. Luft. Dagegen überwiegen unterschiedliche Fehlvorstellungen, z.B.:

- „Ein Brennstoff ist ein Gemisch verschiedener Substanzen. Wenn nach einer Verbrennung Kondenswasser oder Asche nachweisbar sind, so kann dies nur daran liegen, dass im Brennstoff(gemisch) schon vorher etwas Wasser oder Asche vorhanden waren.
- Ruß stammt aus dem schwarzen Docht. ...
- Das Kondenswasser beim Verbrennen entsteht, wie ja auch beim Kochen von Wasser, jeweils durch die Hitze bzw. durch Verwandlung von Hitze in Schwitzwasser.
- Dass sich ein Glas über einer Flamme schwarz färbt, liegt daran, dass das Glas anbrennt. Denn alles Verbrannte ist schwarz.
- Die Luft wird beim Verbrennen zu verbrannter Luft. Deshalb erstickt die Flamme dann, weil abgebrannte Luft zu nichts mehr taugt.
- Beim Verbrennen wird der Brennstoff zu Nichts, zu Asche oder Abgasrauch verwandelt.
- Die Flamme wird als belebt angesehen“ [STRUNK 1998, S. 139 f.].

Zur letzt genannten Fehlvorstellung sei erwähnt, dass in einer neueren Untersuchung mit Schulanfängern [SPÄGELE 2008, S. 171] beachtlicherweise die Flamme nur äußerst selten als lebend klassifiziert worden ist.

Insbesondere das Verbrennen einer Kerze scheint ungeeignet zu sein, um Grundschüler an das Phänomen Stoffumwandlung heranzuführen.

EHLERTs Befragung 12-jähriger Schüler nach dem Physikunterricht der Klasse 6 ergab, dass 90 % aller Schüler das Kleinerwerden der Kerze als wesentliche Erscheinung beobachteten. Sie deuteten diesen scheinbaren Substanzverlust meist als Änderung des Aggregatzustandes. Folgende typische Schülererklärung verdeutlicht diese Vorstellung: „Über dem Feuer ist es so heiß, dass das Wachs den Siedepunkt erreicht und in den gasförmigen Aggregatzustand übergeht“ [EHLERT 1990, S. 82]. Das Schwarzw werden einer Glasplatte, die über die Flamme gehalten worden ist, erklärten sie „als Anhäufung verdunsteter Wachsteilchen oder verdunsteter schwarzer Dochtteilchen“ [EHLERT 1990, S. 82]. Das Beschlagen eines Becherglases über einer Kerzenflamme interpretierten sie ebenso als Aggregatzustandsänderung. Aus Sicht der Schüler wird das Beschlagen durch Kondensation verdunsteter Wachsteilchen verursacht.

Die Ergebnisse einer anderen Studie [MÉHEUT et al. 1985 aus STRUNK 1998, S. 139] machen ebenfalls deutlich, dass die Phänomene beim Verbrennen einer Kerze für Schüler schwer zu begreifen sind. Obwohl 97 % der 10- bis 12-Jährigen wussten, dass Wachs schmelzen kann, vertraten 77 % von ihnen die Auffassung, Wachs sei nicht brennbar. Die Brennbarkeit einer Kerze beweist den Kindern nicht die Brennbarkeit von Wachs. Nach Ansicht der Kinder schmilzt das Wachs, weil die Kerze brennt. Die umgekehrte Kausalkette, dass das Wachs schmilzt, dann verdampft und verbrennt und somit eine Flamme sichtbar wird, erkennen sie nicht. Desweiteren sehen diese Schüler die Verbrennung nicht als Vorgang, der Brennstoff und Luft gemeinsam erfasst. Obwohl die Schüler in der Untersuchung wussten, dass eine Kerzenflamme Luft benötigt, bezogen sie Luft bzw. Sauerstoff in ihren Erklärungen zu dem Verbrennungsvorgang nie mit ein [MÉHEUT et al. 1985 aus STRUNK 1998, S. 141].

Auch in der Unterrichtserprobung wurde deutlich, dass den 8- bzw. 9-jährigen Schülern bereits bekannt ist, dass eine Kerze zum Brennen Luft (Sauerstoff) benötigt. Allerdings äußerte kein Schüler eine Vorstellung, die eine Interaktion von Kerze und Luft (Sauerstoff) in Betracht zieht. Die Schüler wurden aufgefordert, die Beobachtung, dass eine Kerzenflamme unter einem Glas allmählich erlischt, zu erklären. Eine typische Schülerantwort lautete z.B. so: „Weil dann in dem Glas der Sauerstoff alle ist und die Kerze ihn schon verbraucht hat.“ Für die überwiegende Mehrheit der Schüler lag die Erklärung auf der Hand: Luft wird von der Kerze verbraucht oder aufgebraucht, und ohne Luft geht eine Kerze nun mal aus. Häufig verwendeten die Kinder in diesem Zusammenhang auch den Begriff ersticken und meinten, dass „der Mensch ohne Luft ja auch ersticken würde.“ Diese Alltagsvorstellung scheint für die Schüler völlig ausreichend zu sein. Sie hat sich durchaus bewährt und musste in der bisherigen Erfahrungswelt auch nicht auf die Probe gestellt werden.

Die Frage, was mit der Luft (dem Sauerstoff) während des Brennens einer Kerze passiert oder wo er verbleibt, beschäftigte nur wenige Kinder. Manche Schüler vertraten die Auffassung, dass die Luft verbrennt oder verdampft bzw. verdunstet.

- „Die Luft kommt ins Feuer und dann *verbrennt* sie.“
- „Die Luft *verbrennt* so ein bisschen oder die *verdampft*.“
- „Weil die Luft *verdunstet*.“

(Diese Schüleräußerungen wurden im ersten Durchlauf der Unterrichtserprobung aufgezeichnet, noch bevor die Aggregatzustände und Aggregatzustandsänderungen behandelt worden sind.)

Auf die Unterscheidung, dass Luft zwar für das Entstehen von Feuer vorhanden sein muss, selbst aber nicht brennbar ist, wird gezielt in der nachfolgenden UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“ eingegangen.

Nach einer anderen Schüleraussage verändert sich die Luft dahingehend, dass sie zum Brennen nicht mehr brauchbar ist.

- „Weil die Luft alt wird und *die Kerze nimmt die alte Luft nicht an*.“

Die Kerze übernimmt auch in den folgenden Schülerantworten eine aktive Rolle.

- „Die Luft wird *von der Kerze aufgesaugt*.“
- „In dem Glas ist kein Sauerstoff mehr drin. *Den hat die Kerze mitgenommen*.“

Eine ganz andere Analogie drückt diese Schüleräußerung aus.

- „Das ist so wie eine kleine Batterie und *wenn die Batterie keinen Saft mehr hat, dann kann sie auch nicht mehr funktionieren.*“

Auch die Einbeziehung des Teilchenmodells macht es anscheinend nicht möglich, selbst bei jüngeren Schülern der Sekundarstufe ein Verständnis für die Stoffumwandlung am Beispiel der Verbrennung zu entwickeln. Dies zeigte ein Unterrichtsversuch, in dem 10- bis 12-jährigen Schülern anhand eines sehr einfachen Teilchenmodells ein Verständnis dafür vermittelt werden sollte, dass bei der Verbrennung chemische Elemente umgruppiert, aber erhalten bleiben [MÉHEUT et al. 1985 aus STRUNK 1998, S. 141].

Diese Auffassung wird von EHLERTs Untersuchungsergebnissen gestützt. Sie stellte 12-jährigen Schülern die Frage, was während des Verbrennens einer Kerze mit den Teilchen der Stoffe geschieht. Obwohl die Schüler im Physikunterricht der Klasse 6 bereits Kenntnisse über den Aufbau fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe aus Teilchen und den Bau der Atome erlangten, beschrieben sie die beobachteten Vorgänge nur auf der Ebene der sinnlichen Wahrnehmung. Beobachtungen aus dem Makrobereich übertrugen sie auf den Mikrobereich ohne die Teilchenvorstellungen miteinzubeziehen. So lautete eine Schüleräußerung zur Verbrennung der Kerze: „Die Teilchen verdampfen und kondensieren am Becherglas“ [EHLERT 1990, S. 89].

Aufgrund der zu komplexen Zusammenhänge beim Verbrennen einer Kerze wurde in der Unterrichtserprobung zunächst versucht, die Stoffumwandlung am Beispiel der Verbrennung von Holz, Papier und Kohle einzuführen. Die Frage war, ob es gelingen kann, den Schülern rein phänomenologisch zu vermitteln, dass bei einer Verbrennung Luft (Sauerstoff) und Brennstoff (Holz, Papier, Kohle) verbraucht werden, sich dafür allerdings neue Stoffe bilden, wie z.B. Asche, Kohlenstoff (Ruß), Wasser und Kohlendioxid. Von einer tiefergehenden Erklärung, wie es zu der Bildung der neuen Stoffe kommt (mithilfe eines einfachen Teilchenmodells), wurde abgesehen. Es wurde lediglich von einem Zusammenwirken von Luft (Sauerstoff) und Brennstoff während der Verbrennung gesprochen, welches die neuen Stoffe letztendlich hervorbringt. Kohlendioxid und dessen Nachweis mit Kalkwasser hatten die Kinder zuvor schon kennen gelernt. Dieses Wissen sollte beim Nachweis von Kohlendioxid als Verbrennungsprodukt angewendet werden.

Eine Aufgabenstellung am Ende der Unterrichtseinheit zeigte allerdings, dass sich bei den Schülern auch an diesen Beispielen kein Verständnis für ein chemisches Konzept zur Stoffumwandlung anbahnt. Stattdessen traten eine Reihe von Fehlvorstellungen zu Tage, die teilweise auch bei Schülern der Sekundarstufe festgestellt worden sind (siehe z.B. PFUNDT und EHLERT).

Aufgabe war, die Beobachtungen zu folgendem Experiment zu deuten. Auf jeweils eine Schale einer Balkenwaage wurde ein Streichholz gelegt. Beide Streichhölzer waren gleich schwer. Anschließend wurde das eine Streichholz herunter genommen, verbrannt und das entstandene Stück Holzkohle erneut auf die Schale der Balkenwaage gelegt. Diese Seite war nun leichter als die Seite mit dem unverbrannten Streichholz. Einige Beispiele sollen verdeutlichen, welche unterschiedlichen Deutungsmuster die Schüler nutzten, um die Beobachtung zu erklären.

a) Für die Schüler ist aus der Alltagserfahrung heraus alles Verbrannte leichter.

- „Weil das Holz verbrannt ist und damit ist es leichter.“
- „Das Holz ist nämlich durchgebrannt und deswegen leichter.“

b) Das Streichholz ist nach dem Verbrennen leichter, da ein Teil des Holzes verbrannt ist. Dieser verbrannte Teil fehlt und wiegt nicht mehr mit.

- „Etwas Holz ist verbrannt.“
- „Weil eine Hälfte verbrannt ist und die andere Hälfte ist noch da.“
- „Weil das Feuer eine Schicht weggebrannt hat.“
- „Weil vorher das Holz abgebrannt ist und weil die kleinen Fäden, die das Holz schwerer machen, abgebrannt sind.“

c) Die Schüler erklärten die Beobachtung anhand des veränderten äußeren Erscheinungsbildes ohne dabei die stoffliche Seite miteinzubeziehen. Vielmehr betrachteten sie das Streichholz als Körper, dessen Eigenschaften (Form, Volumen, Masse) durch das Verbrennen verändert wurden.

- „Das Holz wurde verbrannt und ist dünner und darum leichter geworden.“
- „Weil sich das Holz beim Verbrennen zusammengezogen hat.“
- „Weil das Holz vorher größer war als jetzt. Denn nach der Verbrennung ist das Holz zusammengeschmoren.“

d) Das Holz wird nach Ansicht der Schüler leichter, weil ihm beim Verbrennen etwas bzw. Stoffe, z.B. Wasser, entzogen werden. Diese Stoffe waren vorher bereits in dem Holz enthalten (Konzept des Mischens und Entmischens von Stoffen). Manche Schüler verbinden diese Vorstellung zusätzlich mit dem Konzept, nach dem die Stoffumwandlung als Aggregatzustandsänderung gedeutet wird.

- „Das Streichholz ist leichter geworden, weil das Feuer verschiedene Stoffe entzogen hat. Diese Stoffe schweben jetzt irgendwo hier rum.“
- „Ich denke, dass dem Holz irgendwas entzogen wird.“
- „Weil Stoffe wie Wasser in die Luft gegangen sind und es leichter gemacht haben.“
- „Das Wasser ist aus dem Streichholz verdampft (in die Luft).“
- „Weil das Wasser, was im Holz war, verdampft ist.“

e) Viele Schüler erklärten die Beobachtung bereits mit der Umwandlung von Stoffen, bezogen sich dabei aber nur auf die entstehende Holzkohle (teilweise auch Asche), die leichter ist als Holz.

- „Weil aus dem Holz ein anderer Stoff entstanden ist, nämlich Holzkohle. Holzkohle ist auch leichter als Holz.“
- „Weil das Holz umgewandelt wurde und zwar zu Holzkohle, die viel leichter als Holz ist.“
- „Das Holz ist verbrannt und die Asche ist leichter als das Streichholz mit dem Holz.“

f) Nur einige wenige Schüler führten die Massenabnahme auf die Entstehung von Stoffen zurück, die in die Luft entweichen und deshalb nicht mitgewogen werden.

- „Ich glaube, dass das Streichholz leichter geworden ist, weil beim Verbrennen sich ein Teil in Kohlenstoff verwandelt hat und so als Rauch aufgestiegen ist.“
- „Weil ein bisschen vom Holz sich in Wasser, Rauch und Kohlendioxid verwandelt hat und dann das Wasser, Rauch und Kohlendioxid sich in der Luft vermischen.“
- „Weil das Kohlendioxid und das Wasser in die Luft gegangen ist.“ (Aus dieser Äußerung ist jedoch nicht ersichtlich, ob der Schüler von einer tatsächlichen Stoffumwandlung ausgeht oder ob er die Vorstellung im Sinne eines Mischens und Entmischens von Stoffen vertritt.)

Zusätzlich zum Verbrennen von Holz, Papier und Kohle wurde in der Unterrichtserprobung versucht, den Schülern am Beispiel der Verbrennung von Benzin den Vorgang einer Stoffumwandlung zu verdeutlichen. Das Entstehen von Kohlendioxid wurde mittels Kalkwasser nachgewiesen und durch ein Zusammenwirken von Luft und Benzin beim Verbrennen erklärt. In einem schriftlichen Test, 2 Wochen nach dem Unterricht, sollte überprüft werden, wie die Schüler (35 Schüler = 100 %) die Verbrennung von Benzin deuten. Dazu wurden einige Fehlvorstellungen als Ankreuzmöglichkeiten integriert.

Aufgabe: Was passiert mit Benzin beim Verbrennen? Kreuze alle richtigen Antworten an!

- a) Es löst sich in Nichts auf.
- b) Es löst sich in Luft auf.
- c) Benzin wird verbraucht und wandelt sich mit Luft zu anderen Stoffen um.
- d) Es verdampft und geht als gasförmiger Benzindampf in die Luft.

Nach den Ergebnissen des Tests scheint die Schülervorstellung, die stoffliche Veränderungen als Aggregatzustandsänderungen deutet, zumindest bei diesem Experiment, sehr stabil zu sein. Diese Auffassung, siehe Antwort d), vertraten immerhin 20 Schüler (57,1 %) der Unterrichtserprobung. Von diesen 20 Schülern entschieden sich 6 ausschließlich für Antwort d). 14 Schüler (40 %) dagegen gingen zusätzlich von einer Umwandlung des Benzins und der Luft zu anderen Stoffen



aus und kreuzten auch die Antwort c) an. Fehlvorstellungen können also neben wissenschaftlichen Vorstellungen bestehen bleiben. (Es ist nicht davon auszugehen, dass die Schüler sich auf die Leuchtentzündlichkeit von Benzin aufgrund des Verdampfens bei Raumtemperatur beziehen. Dies war den Schülern zu dem Zeitpunkt noch nicht bekannt, ebenso wenig, dass es die Gase sind, die brennen.)

Nur 5 Schüler (14,3 %) sahen im Verbrennen von Benzin ausschließlich einen Verbrauch und eine Umwandlung von Benzin mit Luft zu anderen Stoffen.

Ein Auflösen von Benzin in Nichts zogen immerhin noch 8 Schüler (22,9 %) in Betracht, von denen jedoch 5 Schüler (14,3 %) gleichzeitig noch andere Vorgänge b), c) und d) für möglich hielten. 2 Schüler (5,7 %) kreuzten die Antworten b), c) und d) an.

Schlussfolgernd lässt sich feststellen, dass sowohl die Verbrennung bei einer Kerze als auch das Verbrennen von Holz, Papier, Kohle oder Benzin ungeeignet erscheinen, um Grundschüler an das Phänomen Stoffumwandlung heranzuführen. Denn aus phänomenologischer Sicht und aus Sicht der Schüler widerfährt die Verbrennung ausschließlich dem Brennstoff. Eine Interaktion zwischen Brennstoff und Luft (Sauerstoff) wird nicht eingesehen.

Deshalb wurde sich innerhalb dieser Unterrichtskonzeption für das Beispiel des Verkohlens von Stoffen zur Einführung der Stoffumwandlung entschieden. Hierbei kann die Aufmerksamkeit der Schüler vereinfacht auf nur einen Ausgangsstoff und nur ein Reaktionsprodukt gelenkt werden. Die Tatsache, dass dabei noch weitere Reaktionsprodukte entstehen, wird im Sinne einer didaktischen Reduktion vernachlässigt.

Das Verständnisproblem der Schüler bei Verbrennungen in Bezug auf das Zusammenwirken zweier Ausgangsstoffe, von denen einer gasförmig und nicht sichtbar ist, wird so umgangen. Trotzdem können erste wichtige chemische Grundlagen vermittelt werden, an die der Sekundarstufenunterricht anknüpfen kann. Ein rechtzeitiger Beginn der Behandlung von Stoffumwandlungen scheint auch deshalb sinnvoll, da sich die Probleme im Zusammenhang mit den Alltagsvorstellungen der Schüler nicht in einem Schritt überwinden lassen.

Die zu Anfang dieses Kapitels aufgeführten Lehrplaninhalte zeigen, dass das Verkohlen von Stoffen nur im Rahmenplan Bayerns erwähnt wird, unter dem Aspekt des Einflusses verschiedener Temperaturen auf Materialien und Stoffe.

Bei der Planung eines möglichen Unterrichtsverlaufes wurden EHLERTs Empfehlungen zur Behandlung der Stoffumwandlung im Chemieunterricht mitberücksichtigt. Der Grundgedanke dabei ist, dass die Einsicht wissenschaftlicher Auffassungen ein Prozess ist, der einer zielgerichteten Führung des Unterrichts bedarf. Nachfolgend werden einige empfohlene Schwerpunkte aufgeführt, die auch für den Sachunterricht der Grundschule relevant sind.

- Entsprechend den Erfahrungen, die die Schüler bereits in den Unterricht mitbringen, sollten sie zunächst lernen zu erkennen, ob bei einem Vorgang eine Stoffumwandlung oder eine Aggregatzustandsänderung stattfindet.
- Damit verbunden sollten die Schüler erkennen, dass Stoffumwandlungen oft mit Aggregatzustandsänderungen verbunden sind.
- Um eine Stoffumwandlung zu erkennen, müssen die Schüler in der Lage sein, die Stoffeigenschaften der Ausgangsstoffe und Reaktionsprodukte qualitativ zu vergleichen. Das setzt die Kenntnis von Stoffeigenschaften, einschließlich eines Verständnisses der Abgrenzung von Körpern und Stoffen, voraus.
- Aus dem Erscheinen veränderter Stoffeigenschaften müssen die Schüler auf die Entstehung neuer Stoffe schließen können und dies als Indiz für das Stattfinden einer Stoffumwandlung erkennen [EHLERT 1990, S. 117].



In Anlehnung der eben aufgeführten Aspekte wird folgender Unterrichtsgang für die UE 7 „Stoffumwandlung“ vorgeschlagen:

Das Phänomen der Stoffumwandlung wird am Beispiel des Verkohlens von Zucker, Milch und Holz in Gegenüberstellung zu den Aggregatzustandsänderungen von Wasser, Wachs und Salz beim Erhitzen und Abkühlen eingeführt. Die Stoffe und deren Eigenschaften sind den Kindern aus dem Alltag bzw. aus den vorangegangenen Unterrichtseinheiten bekannt.

Die Aggregatzustandsänderungen (Schmelzen, Erstarren, Sieden, Verdunsten, Kondensieren) haben die Schüler in der UE 5 am Beispiel des Wassers kennen gelernt und sollen sie nun auf die Stoffe Wachs und Salz (Schmelzen und Erstarren) anwenden. Anhand des Vergleiches der Stoffeigenschaften vor dem Erhitzen und nach dem Abkühlen wird herausgestellt, dass die Stoffart bei Aggregatzustandsänderungen erhalten bleibt. Mit der Behandlung der Aggregatzustandsänderung von Wachs soll außerdem eine Vorarbeit für die sich anschließende UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“ geleistet werden. Denn dort wird den Schülern die Erkenntnis vermittelt, dass Wachsdämpfe brennbar sind. Aufbauend auf die Erfahrung, dass Wachs bei Wärmezufuhr schmilzt, wird den Schülern im Experiment das Bilden und Brennen von Wachsdämpfen veranschaulicht.

Die für ein Verständnis der Stoffumwandlung notwendige Einführung des Stoffbegriffes in Abgrenzung zum Körperbegriff erfolgte in der UE 2 „Körper und Stoffe“. In diesem Zusammenhang lernten die Schüler verschiedene Stoffeigenschaften von festen und flüssigen Stoffen kennen. Dabei wurde im Hinblick auf die spätere Einführung der Stoffumwandlung bewusst Kohlenstoff als Beispiel hinzugezogen. Denn beim Vorgang des Verkohlens gilt es, Kohlenstoff anhand seiner Eigenschaften als einen der neu entstandenen Stoffe zu identifizieren. Gleichzeitig sollen die Schüler anhand der Stoffeigenschaften von Zucker, Milch und Holz erkennen, dass diese Stoffe durch den Vorgang des Verkohlens aufgehört haben zu existieren. Um eine mögliche Fehldeutung, im Sinne einer Eigenschaftsänderung von Stoffen, zu vermeiden, scheint es sinnvoll, wenn die Schüler mit den für den Unterricht ausgewählten Ausgangsstoffen und Reaktionsprodukten als unterschiedliche Stoffe mit anderen Stoffeigenschaften bereits vertraut sind.

Da der Begriff Holzkohle bei den Schülern implizieren könnte, dass Holz beim Verkohlen als Stoff bestehen bleibt und lediglich seine Eigenschaften ändert, wird im Unterricht bewusst der Stoffname Kohlenstoff verwendet. Den Schülern kann mitgeteilt werden, dass der Begriff Holzkohle (oder auch Zuckerkohle) Bezug auf deren Herstellung nimmt.

Am Beispiel des Erhitzens von Zucker können die Schüler beobachten, dass der Verkohlung von Zucker das Schmelzen von Zucker vorausgeht. Stoffumwandlungen können also auch in Kopplung mit Aggregatzustandsänderungen auftreten.

Die Einführung der Stoffumwandlung im direkten Vergleich zu den Aggregatzustandsänderungen verfolgt zwei Ziele. Zum einen sollen die Schüler eine für sie wirklich neue Erfahrung machen: Beim Erhitzen von Stoffen können neue Stoffe mit neuen Eigenschaften entstehen. Zum anderen soll damit der möglichen Fehlvorstellung, die Stoffumwandlungen als Aggregatzustandsänderungen deutet, entgegengewirkt werden.

Zur Festigung und Anwendung der neu gewonnenen Erkenntnisse sollen die Schüler anhand unterschiedlicher Alltagsphänomene (z.B. Zerkleinern von Lebensmitteln, Herstellen von Stoffgemischen und Lösungen, Auflösen einer Brausetablette in Wasser) sich im Erkennen von Stoffumwandlungen üben.

Zusammenfassend geht es in dieser Unterrichtseinheit um eine erste Annäherung an den chemischen Vorgang über den Begriff der Stoffumwandlung. Die Vermittlung des Unterrichtsstoffes erfolgt auf phänomenologischer Ebene. Damit soll eine Vorarbeit für den späteren naturwissenschaftlichen Unterricht geleistet werden, die eventuell einen besseren Zugang der Schüler zum wissenschaftlichen Konzept der chemischen Reaktion ermöglicht. Erst mit dem Wissen von Teilchenvorstellungen kann ein tiefergehendes Verständnis von stofflichen Veränderungen entwickelt werden. Dieses wird der Sachunterricht noch nicht leisten können.

### 5.7.3. Möglicher Unterrichtsverlauf

Die Beschreibung eines möglichen Unterrichtsverlaufs strukturiert sich in Form von Doppelstunden. Wesentliche Unterrichtsabschnitte werden zunächst in einer Tabelle dargestellt. Dabei werden folgende Abkürzungen benutzt: AM: Anschauungsmittel, EA: Einzelarbeit, GA: Gruppenarbeit, HA: Hausaufgabe, L: Lehrer, LD: Lehrerdemonstration, LDE: Lehrerdemonstrationsexperiment, LV: Lehrervortrag, PA: Partnerarbeit, S: Schüler, SB: Schülerarbeitsblatt, SDE: Schülerdemonstrationsexperiment, SE: Schülerexperiment, ST: Schülertätigkeit, UE: Unterrichtseinheit, UG: Unterrichtsgespräch.

Im Anschluss an jede Tabelle werden einzelne Unterrichtsabschnitte (mit \* markiert) detaillierter beschrieben, insbesondere die Durchführung von Experimenten und Erfahrungen aus der Unterrichtserprobung (gekennzeichnet durch: ► **Aus der Praxis:**).

1. Doppelstunde		
<b>Lerninhalte/ Lernziele:</b> <b>1) Erhitzen von Stoffen, die dabei ihren Aggregatzustand ändern</b> Die Schüler sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>das Verhalten von Wasser, Wachs und Salz beim Erhitzen und anschließenden Abkühlen untersuchen und vergleichen,</li> <li>ihr Wissen zu den Aggregatzustandsänderungen am Beispiel des Wassers wiederholen und am Beispiel des Schmelzens und Erstarrens von Wachs und Salz anwenden,</li> <li>anhand der Stoffeigenschaften begründen können, dass beim Erhitzen und Abkühlen von Wasser, Wachs und Salz die Stoffart jeweils erhalten bleibt.</li> </ul> <b>2) Erhitzen von Stoffen, die dabei zu einem anderen Stoff (anderen Stoffen) umgewandelt werden</b> Die Schüler sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>das Verhalten von Zucker, Milch und Holz beim Erhitzen und anschließenden Abkühlen untersuchen und vergleichen,</li> <li>durch Vergleichen der jeweiligen Stoffeigenschaften vor und nach dem Erhitzen schlussfolgern, dass die Ausgangsstoffe aufgehört haben zu bestehen und dafür neue Stoffe entstanden sind,</li> <li>einen der entstandenen Stoff anhand der Stoffeigenschaften als Kohlenstoff identifizieren.</li> </ul> <b>3) Einführen des Begriffes Stoffumwandlung</b> Die Schüler sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>am Beispiel des Verkohlens von Zucker, Milch und Holz erfahren, dass beim Erhitzen dieser Stoffe eine Stoffumwandlung stattfindet,</li> <li>wissen, dass Stoffe bei einer Stoffumwandlung aufhören zu bestehen und dafür neue Stoffe mit anderen Eigenschaften entstehen,</li> <li>sich im Erkennen von Stoffumwandlungen am Beispiel unterschiedlicher Alltagsvorgänge (z.B. Zerkleinern von Lebensmitteln, Herstellen von Stoffgemischen und Lösungen, Auflösen einer Brausetablette in Wasser) üben und entscheiden, ob eine Stoffumwandlung stattfindet oder nicht und ihre Entscheidung begründen können.</li> </ul> <b>Wichtige Vorkenntnis:</b> Aggregatzustandsänderungen des Wassers <b>Hinweis:</b> Die gesamte Doppelstunde erfolgt in Form einer forschend-entwickelnden Vorgehensweise.		
Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Problemgewinnung *</b>	<u>UG, L-Impulse:</u> - Nutzen von Stoffen im täglichen Leben, z.B. Erhitzen von Stoffen bei der Zubereitung von Lebensmitteln, - „Wie verhalten sich Stoffe beim Erhitzen?“/ „Verändern sich Stoffe beim Erhitzen?“,	Lebensmittel: z.B. Wasser, Milch, Schokolade, Toastbrot, Zucker

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p><u>Problemfrage:</u> „Wie verhalten sich Stoffe beim Erhitzen?“</p> <p>Problemlösung mittels Untersuchungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einholen von Alltagserfahrungen der S (z.B. Schmelzen von Schokolade, Kochen von Wasser und Milch, Verkohlen von Toastbrot, Kuchen backen).</li> <li>- Formulieren der Problemfrage durch den L</li> <li>- Bekanntgabe der Vorgehensweise zur Problemlösung durch den L: Untersuchen des Verhaltens von Wasser, Wachs, Salz, Zucker, Milch und Holz beim Erhitzen</li> </ul>	<p>Vorbereitung der Tafelübersicht (Tabelle: Beobachtung, Schlussfolgerung)</p>
<p><b>2. Durchführen von Untersuchungen bzw. Versuchen</b></p> <p>2.1. Erhitzen von Stoffen, die dabei ihren Aggregatzustand ändern *</p> <p>2.2. Erhitzen von Stoffen, die dabei zu einem anderen Stoff (anderen Stoffen) umgewandelt werden *</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhitzen und anschließendes Abkühlen von Wasser, Wachs und Salz</li> </ul> <p><u>Auswerten und Zusammenfassen der Beobachtungsergebnisse, UG:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sieden und Kondensieren von Wasser als Wiederholung,</li> <li>- Schmelzen und Erstarren von Wachs und Salz als Anwendung,</li> <li>- den Vorgang der Aggregatzustandsänderung als Gemeinsamkeit der drei Versuche herausstellen.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhitzen von Zucker, Milch und Holz und anschließendes Abkühlen</li> <li>- Untersuchen des festen Produktes</li> </ul> <p><u>Auswerten der Beobachtungsergebnisse, UG:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S vergleichen und beschreiben die jeweiligen Stoffeigenschaften vor dem Erhitzen und nach dem Abkühlen,</li> <li>- schlussfolgern, dass die jeweiligen Stoffe aufgehört haben zu existieren und dass ein neuer Stoff entstanden ist,</li> <li>- Identifizieren des entstandenen Stoffes als Kohlenstoff anhand der Stoffeigenschaften (schwarz, fest),</li> <li>- L führt den Begriff „Stoffumwandlung“ ein,</li> <li>- den Vorgang der Stoffumwandlung als Gemeinsamkeit der drei Versuche herausstellen.</li> </ul>	<p>SE (PA/ GA), LDE Wasser Kerzenreste Kochsalz</p> <p>Tafelübersicht (Tabelle: Beobachtung, Schlussfolgerung) Übersicht zu den Aggregatzustandsänderungen</p> <p>SE (PA/ GA), LDE feiner Zucker Milch (Kaffeesahne) Holzstücke (Schaschlikspieße)</p> <p>Tafelübersicht (Tabelle: Beobachtung, Schlussfolgerung)</p>
<p><b>3. Beantworten der Problemfrage mithilfe der Beobachtungsergebnisse</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wiederholen, Zusammenfassen und Gegenüberstellen der Beobachtungsergebnisse</li> <li>- Einteilen von Stoffen nach ihrem Verhalten beim Erhitzen (Zustandsänderung oder Stoffumwandlung)</li> <li>- S lösen Aufgabe auf dem SB.</li> </ul>	<p>SB S. 61 „Wie verhalten sich Stoffe beim Erhitzen?“, Aufgabe 1</p>

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
4. Wissenssicherung *	<p><u>Anwendung/ Nutzen im Alltag:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entfernen von Wachsflecken mit Bügeleisen und Löschpapier,</li> <li>- Geheimschrift mit Milch.</li> </ul> <p><u>Vertiefung/ Anwendung/ Übung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gegenüberstellen von Stoffumwandlungen und anderen (physikalischen) Vorgängen anhand von Alltagsbeispielen,</li> <li>- UG am Demonstrationstisch, L demonstriert verschiedene Vorgänge/ Tätigkeiten aus dem Alltag, S sollen jeweils entscheiden, ob es sich um eine Stoffumwandlung handelt und ihre Entscheidung begründen,</li> <li>- Anwenden von Kenntnissen aus vorangehenden UE (Herstellen und Trennen von Stoffgemischen, Lösungen, Eigenschaften und Entstehen von Kohlendioxid),</li> <li>- S üben sich im Erkennen von Stoffumwandlungen, Einsatz des SB als mögliche HA.</li> </ul>	<p>SE (EA/ PA)</p> <p>LDE mit ST:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- z.B. Herstellen von Stoffgemischen und Lösungen,</li> <li>- Auflösen einer Brause-tablette in Wasser.</li> </ul> <p><i>SB S. 61 „Wie verhalten sich Stoffe beim Erhitzen?“, Aufgabe 2</i></p>

## Zu 1. Problemgewinnung

### ► Aus der Praxis:

Folgende Schülerantworten aus einem Unterrichtsgespräch zeigen, wie interessiert und bemüht Grundschüler nach Erklärungen für bekannte Alltagsphänomene suchen.

L: „Was passiert mit Toastbrot, wenn es zu stark erhitzt wird?“

S1: „Da sind Stangen drin und die werden erhitzt und wenn sie das Toastbrot zu lange berühren, dann bildet sich Ruß und dann verkohlt es.“

S2: „Das Getreide im Toastbrot wird zu stark erhitzt und dadurch braun oder die Hitze saugt das ganze Wasser raus und wenn kein Wasser mehr da ist, dann greift es eben die Oberfläche an.“

S3: „Wenn das Toastbrot zu lange drin ist und der Toaster klemmt, dann könnte das Toastbrot ja auch irgendwann brennen, denn gibt's ja auch Ruß und Kohlenstaub.“

S4: „Das ist ja warm da drin, das ist ja irgendwie mit Feuer, da, sag ich jetzt mal, angetrieben und der Toast ist da drin und es wird immer wärmer, nach irgendeiner Temperatur, also es gibt ja eine Verbrennungstemperatur. Und wenn das dann so heiß ist, dass diese Temperatur ist, fängt es an zu kokeln.“

L: „Was passiert mit der Milch, wenn sie überkocht und auf die heiße Herdplatte fließt?“

S5: „Die Milch ist dann sozusagen am Verbrennen und das kriegt man aus der Herdplatte nicht mehr raus so schnell.“

(In der Unterrichtserprobung wurde das Thema Feuer vor der Behandlung der Stoffumwandlung am Beispiel des Verkohlens unterrichtet. In der Nachbereitung wurde die Abfolge geändert.)

Den Schülern wird mitgeteilt, dass das Verhalten verschiedener Alltagsstoffe beim Erhitzen mittels Versuche überprüft werden soll. Dazu kann folgende Tafelübersicht vorbereitet werden (Bild 1).

„Wie verhalten sich verschiedene Alltagsstoffe beim Erhitzen?“			
1) Stoff vor dem Erhitzen	2) Beobachtungen während des Erhitzens	3) Stoff nach dem Abkühlen	4) Schlussfolgerung
Wasser			
Wachs			
Salz			
Zucker			
Milch			
Holz			

B1

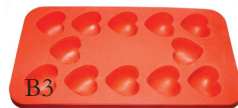


## Zu 2.1. Erhitzen von Stoffen, die dabei ihren Aggregatzustand ändern

### Materialien

pro Schülerpaar/ Gruppe:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Teller, Metalldeckel eines Einweckglases),
- Stativbrücke (Bild 1) bzw. Dosenbrenner (Bild 2) mit Teelichtgehäuse als „Topf“ oder Teelöffel bzw. Kaffeelöffel aus Metall,
- Teelicht,
- Feueranzünder,
- Teelöffel/ Glasplatte (z.B. Objektträger),
- Eiskwürfelbehälter (Bild 3) oder Ausstechformen für Plätzchen, deren Unterseite mit Alufolie abgedichtet wird (Bild 4),
- Tiegelszange, Reagenzglaszange oder Holzwäscheklammern (bei Verwendung eines Kaffeelöffels nicht erforderlich),
- Wasser, Wachs (Kerzenreste, Bild 5), Dochte (Bild 6),
- eventuell Nagel (mit Korkstück zum Halten, Bild 7).



pro Klasse:

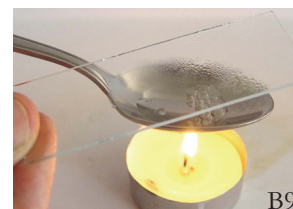
- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, Metalltablett),
- Mikroflammen-Brenner (Bild 8, in Lehrmittelkatalogen erhältlich oder z.B. bei CONRAD Electronic),
- kleines Reagenzglas,
- Stricknadel o.Ä./ Wasser (zum Herauslösen des erstarrten Salzes aus dem Reagenzglas),
- Kochsalz.



### Durchführung

a) Erhitzen und Abkühlen von Wasser

Eine kleine Menge Wasser wird über einem Teelicht erhitzt: in einem Teelichtgehäuse auf der Stativbrücke bzw. dem Dosenbrenner oder auf einem Löffel. Über den aufsteigenden Wasserdampf hält man einen Teelöffel oder eine Glasplatte (Bild 9).



b) Erhitzen und Abkühlen von Wachs (Zusatz: Kerzen gießen)

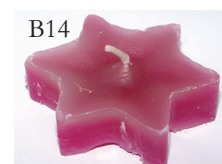
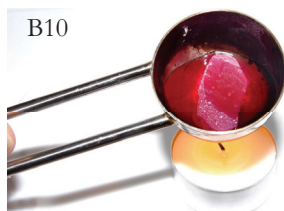
Wachsstücke werden im Teelichtgehäuse auf der Stativbrücke oder in einem Kaffeelöffel (Bild 10) über einem brennenden Teelicht erhitzt.

Sobald alle Wachsstücke geschmolzen sind, lässt man das Wachs abkühlen.

Zusatz: Wenn die Wachsreste geschmolzen sind, kann das flüssige Wachs in Eiskwürfelgefäße bzw. in vorbereitete Ausstechformen gegossen werden (Bilder 11 und 12). Lässt man das Wachs in einem Teelichtgehäuse schmelzen, so muss dieses mit einer Tiegelszange, Reagenzglas- oder Wäscheklammern gehalten werden. Das umgegossene Wachs lässt man abkühlen. Mit einem heißen Nagel (Bild 7) wird in die Mitte des erstarrten Wachses ein Loch für den Docht eingeschmolzen. Dieser wird eingesetzt und fertig ist die Kerze (Bilder 13 und 14). Oder man stellt einen Docht mit „Metallfuß“ bereits vor dem Eingießen des Wachses in die Form (Bild 11).

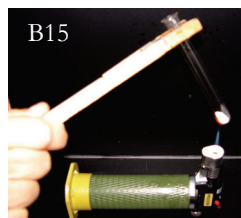
### Didaktisch-methodische Hinweise:

Achtung! Verbrennungsgefahr! Das Wachs darf nicht zu lange erhitzt werden (bis ca. 60 °C), denn es sollen keine entzündbaren Wachsdämpfe entstehen.



c) Erhitzen und Abkühlen von Kochsalz

Dieser Versuch wird vom Lehrer durchgeführt. Ein kleine Menge Salz wird in das Reagenzglas gefüllt und kräftig über einem Mikroflamm-Brenner erhitzt (Bild 15). Anschließend lässt man es abkühlen.



Beobachtung und Auswertung

Zu a) Nach kräftigem Erhitzen steigt Wasserdampf auf. Die Unterseite des Löffels bzw. der Glasplatte beschlägt zunächst. Dann sind kleine Wassertropfchen erkennbar. Durch Wärmezufuhr siedet das Wasser und wird zu Wasserdampf. Dieser kondensiert bei Abkühlung wieder zu flüssigem Wasser.

Zu b) Das Kerzenwachs schmilzt bei Erhitzen. Lässt man es abkühlen, so erstarrt es zu festem Wachs.

**Fachliche Hinweise:**

Als Kerzenwachs dient heute meist Stearin oder Paraffin mit einer Schmelztemperatur um 60 °C.

**Didaktisch-methodische Hinweise:**

Am Beispiel des „Kerzengießens“ können anwendungsorientiert die Merkmale von Feststoffen und Flüssigkeiten wiederholt werden. Während feste Stoffe eine eigene/ bestimmte Form haben, passen sich Flüssigkeiten der jeweiligen Gefäßform an, in der sie sich befinden. Deshalb lassen sich durch Verflüssigen und Umgießen von Wachs verschieden geformte Kerzen herstellen.

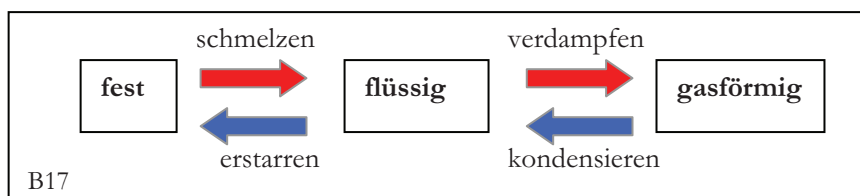
Zu c) Bei starkem Erhitzen schmelzen die Salzkristalle zu flüssigem Salz. Die Schmelze ist farblos und durchsichtig (Bild 16). Bei Unterbrechung der Wärmezufuhr erstarrt das Salz sofort. Es erscheint als weißer Feststoff.

**Fachliche Hinweise:**

Die Schmelztemperatur von Kochsalz (Natriumchlorid) beträgt ca. 800 °C, die Siedetemperatur 1440 °C.

Zusammenfassung

Wasser verdampft, Wachs und Salz schmelzen beim Erhitzen. Wasser, Wachs und Salz haben ihren Aggregatzustand geändert. Dieser Vorgang ist umkehrbar. Nach Abkühlung liegen die Stoffe wieder in ihrem ursprünglichen Aggregatzustand vor. Bei diesen Vorgängen ändern die Stoffe ihre Form. Der Stoff selbst mit seinen charakteristischen Stoffeigenschaften bleibt erhalten. Folgende Tafelübersichten (Bilder 17 und 18) können bei der Auswertung und Zusammenfassung der Beobachtungsergebnisse als Unterstützung dienen.



B18

„Wie verhalten sich verschiedene Alltagsstoffe beim Erhitzen?“			
1) Stoff vor dem Erhitzen	2) Beobachtungen während des Erhitzens	3) Stoff nach dem Abkühlen	4) Schlussfolgerung
Wasser	<i>verdampft (siedet)</i>	<i>Wasser</i>	<i>Aggregatzustands-änderung</i>
Wachs	<i>schmilzt</i>	<i>Wachs</i>	<i>Aggregatzustands-änderung</i>
Salz	<i>schmilzt</i>	<i>Salz</i>	<i>Aggregatzustands-änderung</i>
Zucker			
Milch			
Holz			

## Zu 2.2. Erhitzen von Stoffen, die dabei zu anderen Stoffen umgewandelt werden

### Materialien

pro Schülerpaar/ Gruppe:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Teller),
- Stativbrücke/ Dosenbrenner,
- Teelicht,
- Feueranzünder,
- Alufolie,
- Zucker, Milch/ Kaffeesahne.



pro Klasse (für den Lehrer):

- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, Metalltablett),
- Mikroflam-Brenner,
- Reagenzglas,
- Holzstücke (z.B. Schaschlikspieße).

### Durchführung

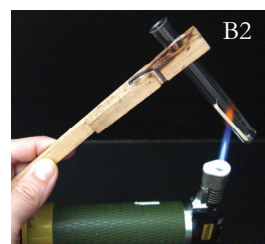
a) Erhitzen von Zucker und

b) Erhitzen von Milch

Etwas Zucker bzw. Milch wird auf ein Stück Alu-Folie gegeben (Bild 3) und auf dem Dosenbrenner bzw. auf der Stativbrücke erhitzt. Die schrittweise Veränderung von Zucker bzw. Milch soll von den Schülern genau beobachtet werden.

c) Erhitzen von Holz

Der Versuch wird vom Lehrer durchgeführt. Ein Stück Holz wird in einem Reagenzglas mithilfe des Mikroflam-Brenners kräftig erhitzt (Bild 2). Nach Abkühlen des Stoffes können die Schüler die Stoffeigenschaften untersuchen. Sie sollen auch testen, ob man damit zeichnen kann.

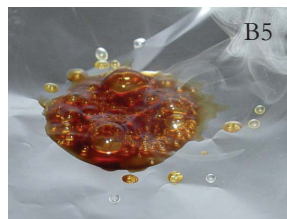


### Beobachtung und Auswertung

Zu a) Bei Erhitzen von Zucker können verschiedene Veränderungen beobachtet werden. Zunächst schmelzen die Zuckerkristalle. Die Farbe verändert sich von weiß zu hellbraun (Bild 4) und man nimmt einen „Zuckerwatte-Geruch“ wahr. Bei weiterem Erhitzen wird eine dunkelbraune Schmelze sichtbar (Bild 5), die zunehmend schwarz und fest wird (Bild 6). Es riecht verkohlt. Dieser schwarze Feststoff bleibt auch nach Abkühlung erhalten. Zucker ist verkohlt und hat sich zu Kohlenstoff umgewandelt.

### Fachliche Hinweise:

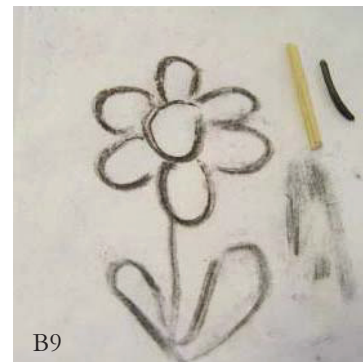
Der Zucker wandelt sich bei Erhitzen über Karamell (hellbraun, „Zuckerwatte-Geruch“) und Zuckercouleur (dunkelbraune Schmelze) in feste, schwarze Zuckerkohle (Kohlenstoff) um.



Zu b) Die Milch beginnt zu sieden. Bei weiterem Erhitzen entsteht ein unangenehmer Geruch. Die weiße, flüssige Milch hat sich zu einem schwarzen Feststoff verändert, der auch nach Abkühlen bestehen bleibt. Die Milch ist verkohlt und hat sich zu Kohlenstoff umgewandelt.

zu c) Das Holz verändert sich beim Erhitzen zu einem schwarzen festen Stoff (Bild 7 und 8). Das Holz ist zu Kohlenstoff (Zeichenkohle bzw. Holzkohle) verkohlt. Nach Abkühlung kann den Schülern das Produkt zum Untersuchen gereicht werden. Sie sollen auch prüfen, ob es zum Malen oder Schreiben geeignet ist. Da Kohlenstoff leicht abfärbt, wird es auch als Zeichenkohle verwendet (Bild 9).

(Das Reagenzglas wird nach dem Versuch entsorgt.)



#### **Didaktisch-methodische Hinweise:**

Bei der Einführung der Stoffumwandlung steht Kohlenstoff als Produkt im Vordergrund. Dass bei starkem Erhitzen von Zucker, Milch und Holz durch Zersetzung auch brennbare Gase entstehen (übel riechende Dämpfe, Bild 7) wird noch nicht thematisiert, kann den Schülern jedoch gegebenenfalls mitgeteilt werden.

Beim Auswerten der Beobachtungsergebnisse sollen die Schüler gezielt die Stoffeigenschaften der jeweils vorliegenden Stoffe vor und nach dem Erhitzen miteinander vergleichen. Kohlenstoff mit seinen Eigenschaften und unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten haben die Schüler bereits in der UE 2 „Körper und Stoffe“ kennen gelernt. Um zu erkennen, dass beim Erhitzen von Zucker, Milch und Holz eine Stoffumwandlung stattgefunden hat, müssen die Schüler dieses Wissen anwenden. Sie sollen Kohlenstoff als anderen Stoff – erkennbar an anderen Stoffeigenschaften – identifizieren können. Gegebenfalls kann das SB S. 25 „Kohlenstoff – ein vielfältiger Stoff“, Aufgaben 1 - 3 wiederholend eingesetzt werden.

Während der Begriff „Zeichenkohle“ sich auf die Art der Verwendung des Kohlenstoffs bezieht, verweisen die Begriffe Holzkohle oder auch Zuckerkohle auf den Stoff, aus dem Kohlenstoff hergestellt worden ist.



### ► Aus der Praxis:

Im Unterrichtsgespräch wurden die Schüler aufgefordert, ihre Beobachtungen zu beschreiben.

L: „Beschreibt, was mit dem Zucker, der Milch und dem Holz beim Erhitzen passiert ist?“

S1: „Das ist alles verbrannt, also verkohlt. Also die Hitze war so heiß. Deswegen hat das erst so, also die Milch sah erst so aus, als ob sie verkocht ist, aber dann ist sie verkohlt.“

S2: „Ich bin der gleichen Meinung. Die Milch hat erst gekocht und dann ist sie verbrannt und beim Zucker, das hat sich aufgelöst und ist auch verbrannt.“

S3: „Wenn wir das erhitzen, dann wird es schwarz.“

L: „Was ist denn das Schwarze, was jetzt hier vor uns liegt?“

S4: „Ruß?“

S5: „Kohlenstoff.“

S6: „Verbrannt, verbrannter Zucker und verbrannte Milch.“

L: „Und was ist beim Erhitzen von Holz passiert?“

S8: „Das Holz ist verkohlt.“

Die Schüler sollten nun gezielt die Eigenschaften der Stoffe vor und nach dem Erhitzen vergleichen. Die Frage, ob es sich bei dem nach Abkühlung vorliegenden Stoff um Zucker, Milch bzw. Holz handelt, wurde von den Schülern einstimmig verneint. Sie begründeten ihre Entscheidung anhand der veränderten Stoffeigenschaften (z.B. Farbe, Geschmack, Härte) oder auch hinsichtlich der Verwendung („Damit kann man keinen Kuchen mehr backen.“) Es wurde herausgestellt, dass durch Verkohlen von Zucker, Milch und Holz Kohlenstoff als neuer Stoff entstanden ist.

### Zusammenfassung

Zucker, Milch und Holz haben jeweils aufgehört, als Stoffe zu bestehen. Dafür ist ein neuer Stoff (sind neue Stoffe), erkennbar an anderen Stoffeigenschaften, entstanden. Er ist fest, schwarz, porös (Bilder 10 und 11) und färbt leicht ab. Dieser Stoff heißt Kohlenstoff. Aus dem Kohlenstoff (und den aufgestiegenen Dämpfen) lassen sich Zucker, Milch und Holz nicht zurückgewinnen. Es hat eine Stoffumwandlung stattgefunden. Beobachtungen und Schlussfolgerungen werden in der Tafelübersicht ergänzt (Bild 12).



B12

„Wie verhalten sich verschiedene Alltagsstoffe beim Erhitzen?“			
1) Stoff vor dem Erhitzen	2) Beobachtungen während des Erhitzens	3) Stoff nach dem Abkühlen	4) Schlussfolgerung
Wasser	<i>verdampft (siedet)</i>	<i>Wasser</i>	<i>Aggregatzustandsänderung</i>
Wachs	<i>schmilzt</i>	<i>Wachs</i>	<i>Aggregatzustandsänderung</i>
Salz	<i>schmilzt</i>	<i>Salz</i>	<i>Aggregatzustandsänderung</i>
Zucker	<i>1. schmilzt 2. wird fest und schwarz</i>	<i>Kohlenstoff</i>	<i>Stoffumwandlung</i>
Milch	<i>1. siedet 2. wird fest und schwarz</i>	<i>Kohlenstoff</i>	<i>Stoffumwandlung</i>
Holz	<i>wird schwarz</i>	<i>Kohlenstoff</i>	<i>Stoffumwandlung</i>



## Zu 4. Wissenssicherung

Als eine Anwendung der Stoffumwandlung können die Schüler das Verkohlen von Milch nutzen, um eine „Geheimschrift mit Milch“ zu entschlüsseln.

### Materialien

pro Schüler/ Schülerpaar:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Teller),
- Kerze,
- Feueranzünder,
- saugfähiges weißes Papier,
- Wattetupfer/ Pinsel
- Gefäß mit Milch oder Kaffeesahne (fettarm).



### Durchführung

Auf das Papier wird mit Wattetupfer bzw. Pinsel eine Botschaft mit Milch geschrieben oder gemalt (Bild 1). Anschließend lässt man es trocknen bis die Botschaft unsichtbar wird. Dann wird das Papier über einer brennenden Kerze erhitzt (Bild 2).

### Beobachtung und Auswertung

Beim Erhitzen verkohlt die Milch. Aufgrund der schwarzen Farbe von Kohlenstoff wird die Geheimbotschaft nun sichtbar (Bild 3).



Zur weiteren Vertiefung sollen die Schüler ihr neu erworbenen Wissens zur Stoffumwandlung auf weitere unterschiedliche Tätigkeiten bzw. Vorgänge aus dem Alltag anwenden. Diese Alltagsbeispiele können vom Lehrer demonstriert und beschrieben werden. Die Schüler sollen jeweils entscheiden, ob eine Stoffumwandlung stattfindet und ihre Entscheidung begründen. Neben dem Vergleichen der Stoffeigenschaften vor und nach den jeweiligen Tätigkeiten bzw. Vorgängen kann mithilfe von Versuchen überprüft werden, ob die Veränderungen wieder rückgängig gemacht werden können. Aus der Umkehrbarkeit von Vorgängen sollen die Schüler schlussfolgern, dass es sich nicht um eine Stoffumwandlung handelt.

Beispiele:

- a) Zerkleinern von Lebensmitteln, z.B. grobkörniges Salz (Bild 4) bzw. Pfeffer mit einer Gewürzmühle oder Kandiszucker mit einer Küchenreibe,
- b) Müsli zubereiten, z.B. aus Haferflocken, Nüssen und Rosinen,
- c) Verschmutzen von Wasser mit Sand,
- d) Salz in Wasser geben (z.B. zum Kochen von Nudeln oder Kartoffeln),
- e) Auflösen einer Brausetablette in Wasser.



### ► Aus der Praxis:

Folgende Ausschnitte aus Unterrichtsgesprächen der Unterrichtserprobung zeigen, dass der Schwierigkeitsgrad dieser Beispiele von a) nach e) zunimmt.

**Zu a)** In der Unterrichtserprobung wurde Kandiszucker mit einer Küchenreibe zerkleinert. Alle Schüler waren der Meinung, dass keine Stoffumwandlung stattgefunden hat, weil der Zucker erhalten bleibt und nur fein gemahlen wird.

L: „Hat eine Stoffumwandlung stattgefunden? Begründet eure Meinung!“

S1: „Nein, weil es immer noch fest ist, bloß viel kleiner.“

S2: „Nein, weil ja nur gerieben wurde.“

L: „Ist es noch Zucker?“

S3: „Ja.“

L: „Wie könnte man überprüfen, ob das noch der gleiche Stoff ist?“

S4: „Wenn man es anfasst oder so, oder wenn man's probiert.“

Die Schüler nahmen eine Geschmacksprobe vor.

S5: „Ich glaube auch, dass es keine Stoffumwandlung ist, weil es bloß zerkleinert wurde und es immer noch derselbe Stoff ist.“

**Zu b)** Müsli zubereiten, z.B. aus Haferflocken, Nüssen und Rosinen

L: „Hat eine Stoffumwandlung stattgefunden? Begründet eure Meinung!“

S1: „Nein, weil man hat es ja nur zusammengemischt und da bleiben die Stoffe ja erhalten.“

S2: „Ich denke auch, dass keine Stoffumwandlung stattgefunden hat, weil die Stoffe erhalten geblieben sind.“

S3: „Es gibt keine Stoffumwandlung. Man kann die Stoffe auch wieder auseinandernehmen und woanders rein tun.“

S4: „Es hat keine Stoffumwandlung stattgefunden, man hat es ja eigentlich nur zusammengemixt und da ist ja nichts passiert.“

Zur Bestätigung wurden die einzelnen Bestandteile des Müslis durch Heraussammeln wieder voneinander getrennt (Trennung eines Stoffgemisches nach sichtbaren Eigenschaften der Stoffe). Die Schüler schlussfolgerten, dass es sich beim Zubereiten des Müslis um die Herstellung eines Stoffgemisches und nicht um eine Stoffumwandlung handelt.

**Zu c)** Verschmutzen von Wasser mit Sand

L: „Hat eine Stoffumwandlung stattgefunden? Begründet eure Meinung!“

S1: „Ja, ..., äh nein, nicht so, weil der Sand, der geht dann ja auf den Boden vom Glas und das Wasser bleibt immer noch oben. Aber mit diesem Sieb könnte man das hier nicht machen, weil die Sandkörner sind ja so klein, dass die dann mit durchkommen.“

L: „Kann man die Stoffe denn wieder voneinander trennen?“

S1: „Nein.“

S2: „Doch, wenn man ein ganz kleines Sieb nimmt, also eins mit ganz kleinen Löchern.“

S3: „Ich glaube, es findet keine Stoffumwandlung statt, weil das Wasser wird zwar schmutzig vom Sand, aber trotzdem ändert sich da ja nichts.“

S4: „Also ich denke, dass es keine Stoffumwandlung gibt, weil man es wieder rausfiltern kann und es hat sich ja eigentlich nur vermischt.“

S5: „Man kann es aber auch so machen, wenn man z.B. keinen Kaffeefilter hat oder so ein Sieb mit kleinen Löchern, dann nimmt man einfach ein Gefäß und dann muss man es einfach erwärmen und dann steigt das Wasser nach oben in die Luft und dann hat man nur noch den Sand und das Wasser kommt dann später wieder.“

Gespräch in einer anderen Schülergruppe der Unterrichtserprobung:

L: „Hat eine Stoffumwandlung stattgefunden? Begründet eure Meinung!“

S1: „Nein, weil man Sand und Wasser, also beides, noch sieht.“

S2: „Ja, weil es ist zu Schlamm geworden.“

L: „Ist Schlamm ein anderer Stoff? Was ist Schlamm?“

S2: „Sand mit Wasser.“

L: „Wie finden wir jetzt genau heraus, ob eine Stoffumwandlung stattgefunden hat oder nicht?“

S2: „Man muss das wieder rausnehmen, mit einem Filter.“

In einem Versuch wird das Stoffgemisch filtriert. Anhand der Beobachtungsergebnisse konnten die Schüler schlussfolgern, dass es sich nicht um eine Stoffumwandlung handelt, da die Stoffe wieder voneinander trennbar sind, also beim Mischen als Stoffe erhalten bleiben.

**Zu d)** Salz in Wasser geben (z.B. beim Kochen von Nudeln oder Kartoffeln)

L: „Hat eine Stoffumwandlung stattgefunden? Begründet eure Meinung!“

S1: „Stoffumwandlung, weil es entsteht Salzwasser, das Salz kann man nicht mehr sehen.“

S2: „Nein, ich glaube, es ist keine, weil Salzwasser besteht ja aus Salz und Wasser, es löst sich ja nur in Wasser. Trotzdem ist es noch da.“

L: „Das ist jetzt die Frage, sind Salz und Wasser noch da oder haben die Stoffe sich umgewandelt zu neuen Stoffen?“

S3: „Die sind noch da. Das Salz hat sich aufgelöst.“

S4: „Man kann das ja auch wieder trennen.“

L: „Wie?“

S4: „Wir lassen das Wasser verdunsten. Das haben wir doch schon mal gemacht.“

(Die Abfolge der Unterrichtseinheiten war in der Unterrichtserprobung teilweise anders als in dieser Konzeption vorgeschlagen wird. Die Behandlung der Thematik „Wasser als Lösungsmittel“ einschließlich „Eindampfen einer Salzlösung“ fand ca. ein Jahr zuvor statt.)

Gespräch in einer anderen Schülergruppe der Unterrichtserprobung:

L: „Hat eine Stoffumwandlung stattgefunden? Begründet eure Meinung!“

S1: „Ich glaube ja. Es könnte ja sein, dass das Salz einfach so doll mit dem Wasser vermischt, dass man es nicht mehr rausfiltern kann.“

L: „Eine Stoffumwandlung findet statt, wenn der Stoff aufhört zu existieren und ein neuer Stoff entsteht .... ist das Salz nicht mehr da?“

S1: „Wir hatten das ja schon mal ausprobiert, da hatten wir ja ganz viele schmutzige Stoffe, aber auch Salz drin gehabt und dann durften wir das verkosten und das Salz ist immer noch drin geblieben.“

L: „Hat denn eine Stoffumwandlung stattgefunden?“

S1: „Ja, äh nein, es hat keine stattgefunden.“

Durch Eindampfen der Salzlösung und Kondensieren des Wassers wurde den Schülern veranschaulicht, dass es sich beim Lösen von Salz in Wasser nicht um eine Stoffumwandlung, sondern um das Herstellen eines Stoffgemisches handelt (Versuch siehe UE 6 „Wasser als Lösungsmittel“, S. 198). Nach dem Trennen des Stoffgemisches liegen die Stoffe unverändert vor, erkennbar an den Stoffeigenschaften.

#### **Zu e) Auflösen einer Brausetablette in Wasser**

L: „Findet eine Stoffumwandlung statt? Begründet eure Entscheidung!“

S1: „Ja, weil die Brausetablette sich auflöst und es vermischt sich.“

S2: „Also ich glaube nein, weil es ist das Gleiche wie bei dem Salz. Und bei Salz fand auch keine Stoffumwandlung statt.“

S3: „Ich glaube, es findet eine Stoffumwandlung statt, weil hier entstehen Blasen, also Kohlendioxid oder nicht? Doch! Deswegen sieht man nicht mehr die Brausetablette und man kann sie jetzt auch nicht mehr zusammenbauen.“

Gespräch in einer anderen Schülergruppe der Unterrichtserprobung:

L: „Findet eine Stoffumwandlung statt? Begründet eure Entscheidung!“

S1: „Es findet eine Stoffumwandlung statt. Diese Tablette, dieser Orangengeschmack oder was das da ist, das löst sich ja auf im Wasser und wird Orangenlimonade, also so ähnlich wie Orangensaft und man kann es ja nicht durch ein Sieb oder Kaffeefilter gießen und dann ist es wieder normal. Es wird ja nicht wieder normal zu Wasser und dieser Tablette.“

S2: „Ich sage, es kann keine Stoffumwandlung sein, weil das Pulver, das da drin ist, das vermischt sich mit dem Wasser und blubbert dann.“

S3: „Also ich glaube, das ist eine Stoffumwandlung, weil wenn die Tablette in Wasser reinkommt, dann fängt sie ja an durch das Wasser zu sprudeln und sich aufzulösen und dann ist es kein Wasser mehr und man kann es ja auch nicht wieder auseinander machen. Es ist kein normales Wasser mehr und man nennt es dann auch Brause. Also es hat ja dann auch einen anderen Namen.“

S4: „Ich glaube, es ist keine Stoffumwandlung, weil auch wenn sie sich vermischt haben und man kann sie nicht trennen, hat es sich, glaub ich, nicht zu einem neuen Stoff verwandelt. Also das ist keine Stoffumwandlung.“

S5: „Ich denke auch, dass es keine Stoffumwandlung ist, weil es gibt ja bestimmt eine Möglichkeit, das wieder zu trennen und vor allem die Stoffe bleiben ja erhalten, bloß sie mischen sich halt.“

Dass sich die Farb- und Geschmacksstoffe der Brausetablette in Wasser lösen und wieder vom Wasser trennbar sind, konnte durch Eindampfen der Lösung (Brause) bestätigt werden (Bild 5). Aus der Kenntnis, dass beim Auflösen der Tablette Kohlendioxid entsteht, welches vorher nicht in der Brausetablette enthalten war, sollten die Schüler schlussfolgern, dass auch eine Stoffumwandlung stattfindet. Dazu wurde in Erinnerung gerufen, dass die Bläschenbildung (das Sprudeln) beim Auflösen der Brausetablette durch die Entstehung von Kohlendioxid verursacht wird. Um dessen Eigenschaften zu wiederholen, wurde unterstützend Kohlendioxid in einem Luftballon aufgefangen (vgl. Kap. 5.4.3. UE 4 „Kohlendioxid“). Anknüpfend an Schülermeinungen, z.B. „man kann sie jetzt auch nicht mehr zusammenbauen“ oder „es wird ja nicht wieder normal zu Wasser und dieser Tablette“ wurde folgender Versuch durchgeführt. Nach dem Eindampfen der Brause wurde auf die festen Rückstände etwas Wasser gegeben (Bild 6). Es konnte kein Sprudeln beobachtet werden. Daraus schlussfolgernd hat also auch eine Stoffumwandlung (Bildung von Kohlendioxid) stattgefunden, die durch Eindampfen nicht umkehrbar ist.



## 5.8. Beschreibung der UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“



### 5.8.1. Lerninhalte/ Lernziele

#### 1) Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer

Die Schüler sollen

- unterschiedliche feste, flüssige und gasförmige Stoffe in Bezug auf Brennbarkeit bzw. Nichtbrennbarkeit unterscheiden können,
- wissen, dass Benzin und Spiritus im Vergleich zu Öl leichtentzündliche Flüssigkeiten sind, die durch das entsprechende Gefahrstoffsymbol gekennzeichnet werden müssen,
- Feuerzeuggas als weiteren gasförmigen und brennbaren Stoff kennen lernen und mit Luft und Kohlendioxid vergleichen,
- wissen, dass Wachsdämpfe brennbar sind (und ergänzend bzw. vertiefend dieses Wissen beim Erkunden der Funktionsweise einer Kerze anwenden),
- am Beispiel unterschiedlicher Entzündungsmöglichkeiten eines Streichholzes erfahren, dass sich ein Brennstoff bei Erreichen seiner Entzündungstemperatur entzündet und dazu kein Kontakt mit einer offenen Flamme notwendig ist,
- mit dem Wissen um die Brennbarkeit und Entzündbarkeit von Stoffen erste wichtige Brandschutzregeln im Alltag nennen und begründen können,
- anhand eines Experimentes zeigen können, dass neben einem Brennstoff auch Luft benötigt wird,
- wissen, dass für das Entstehen von Feuer folgende drei Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sein müssen: Vorhandensein eines Brennstoffs, Erreichen der Entzündungstemperatur des jeweiligen Brennstoffs, Anwesenheit von Luft (Verbrennungsdreieck).

#### 2) Einfluss des Zerteilungsgrades eines Brennstoffs auf das Entstehen von Feuer

Die Schüler sollen

- erfahren, dass sich fein verteilte Brennstoffe aufgrund der besseren Durchmischung (Berührung) mit Luft leichter entzünden.

#### 3) Methoden der Brandbekämpfung (Sicherheitserziehung)

Die Schüler sollen

- die drei allgemeinen Maßnahmen der Brandkämpfung kennen (Entfernen des brennbaren Stoffes, Abkühlen unter die Entzündungstemperatur, Unterbrechen der Luftzufuhr),
- aus den Kenntnissen zum Verbrennungsdreieck die Wirkung der drei allgemeinen Löschmethoden ableiten können,
- wissen, dass beim Löschen mit Wasser der Brennstoff unter seine Entzündungstemperatur abgekühlt wird und das Feuer deshalb erlischt,
- an einem modellhaften Experiment den Kohlendioxid-Feuerlöscher kennen lernen und seine Wirkungsweise anhand der besonderen Stoffeigenschaften von Kohlendioxid (erstickende Wirkung, „schwerer“ als Luft) erklären können.

#### 4) Energieumwandlung bei der Verbrennung

Die Schüler sollen

- am Beispiel des Nutzens von Feuer/ von Verbrennungen durch den Menschen an den Energiebegriff herangeführt werden,
- wissen, dass Brennstoffe (Holz, Kohle, Wachs, Benzin) Energieträger sind,
- zwischen Lichtenergie, Wärmeenergie, Bewegungsenergie und chemischer Energie als Beispiele für Energieformen unterscheiden können,
- anhand bekannter Alltagsphänomene (z.B. Heißluftballon, Weihnachtspyramide, Autoantrieb mit Benzin) erfahren, dass Energieformen ineinander umgewandelt werden können und dass Energie weder erzeugt noch vernichtet werden kann (Konzept der Erhaltung).

Vertiefung/ Ergänzung:

Die Schüler sollen

- erfahren, dass bei der Verbrennung von Benzin Kohlendioxid entsteht, das als ein Treibhausgas für den Klimawandel mitverantwortlich ist,
- sich zum Thema Energienutzung und Umweltbelastung durch den Menschen informieren und damit kritisch auseinandersetzen.



## 5.8.2. *Didaktische und methodische Aspekte*

**Zu 1) Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer**

**Zu 2) Einfluss des Zerteilungsgrades eines Brennstoffs auf das Entstehen von Feuer**

**Zu 3) Methoden der Brandbekämpfung (Sicherheitserziehung)**

Das Thema Feuer findet in fast allen Rahmenplänen für die Grundschule Erwähnung. Die Angaben konkreter inhaltlicher Schwerpunkte als Orientierung für die Lehrer variieren jedoch in starkem Maße. So sind z.B. in den Plänen Baden-Württembergs, Nordrhein-Westfalens und Sachsen-Anhalts nur sehr allgemein formulierte Hinweise nachzulesen.

Baden-Württemberg; Themenbereich: Natur macht neugierig (Jgst. 4)

- „Feuer, Brennen und Löschen“ [BW 2004, S. 107]

Nordrhein-Westfalen; Themenbereich: Wärme, Licht, Feuer (Jgst. 3/4)

- „Verbrennungsprozesse beobachten und beeinflussen sowie sich über Brandschutz informieren“ [NW 2003, S. 59]

Sachsen-Anhalt; Themenbereich: Luft-Feuer-Wasser-Boden (Kompetenzen am Ende des Schuljahrgangs 2)

- „Verhalten bei Feuer, Brandursachen, Brandschutzmaßnahmen“ [SA 2005, S. 14]

Zu ungenaue inhaltliche Formulierungen können auch ein Grund dafür sein, dass Grundschullehrer verunsichert sind, wenn es darum geht, zunehmend Phänomene der unbelebten Natur in ihren Unterricht zu integrieren. Inhaltsangaben, wie beispielsweise „Feuer, Brennen und Löschen“ [BW 2004, S. 107], geben keinerlei Aufschluss darüber, was den Schülern konkret vermittelt werden soll. Bezieht sich „Feuer“ und „Brennen“ hauptsächlich auf die Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer oder möglicherweise auch auf den Verbrennungsprozess im Sinne einer Stoffumwandlung? Wie bereits in der UE 7 „Stoffumwandlung“ (vgl. Kap. 5.7.2.) an vielen Beispielen aufgezeigt (auch zum Thema Verbrennung), ist es von entscheidender Bedeutung, welche speziellen Inhalte Unterrichtsgegenstand sind. Eine Auswahl der Lerninhalte sollte sich unbedingt auch an altersbedingten Schülervorstellungen orientieren und mögliche Wege einer Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Verständnisses aufzeigen.

In den folgenden Rahmenplänen werden die Voraussetzungen bzw. Ursachen für das Entstehen von Feuer allgemein als zu behandelnder Lerninhalt angegeben.

Hamburg; Themenbereich: Feuer (Jgst. 3/4)

- „Entstehungsbedingungen von Feuer“ [H 2003, S. 26]

Niedersachsen; Themenbereich: Natur (Erwartete Kompetenzen am Ende des Schuljahrgangs 4)

- „Bedingungen für den Verbrennungsvorgang (Verbrennungsdreieck) kennen, Versuche durchführen, protokollieren und auswerten“ [N 2006, S. 25]

Mecklenburg-Vorpommern/Berlin/Brandenburg; Themenfeld: Feuer (Jgst. 3/4)

- „Ursachen für das Entstehen und Maßnahmen zur Verhütung von Bränden kennen: Brandschutzmaßnahmen, Löschen eines Feuers“ [MV/BE/BB 2004, S. 41]

Während der bayerische Rahmenplan zu allen drei Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer konkrete Angaben macht, beziehen sich die Pläne Bremens und Hessen ausschließlich auf die Brennbarkeit bzw. Nichtbrennbarkeit von Stoffen.

Bayern; Themenbereich: Verbrennung (Jgst. 3)

- „Stoffe nach gut oder schlecht brennbar bzw. nach ihrer Entzündungstemperatur unterscheiden: Untersuchen, ob Stoffe leicht entzündbar sind; ...“ [B 2000, S. 198]
- „Die Verbrennung fördern oder behindern: Zuführen bzw. Entfernen brennbarer Stoffe, Luftzufuhr begünstigen bzw. unterbinden; Temperatur unter die Entzündungstemperatur absenken, z.B. Wasser in die Flamme gießen“ [B 2000, S. 198]

Bremen; Themenbereich: Feuer (Jgst. 1/2)

- „*brennbare und nichtbrennbare Stoffe*“ [BR 2007, S. 9]

Hessen; Themenbereich: Materialien/Materialeigenschaften (Jgst. 3/4)

- „*Brennbare und nichtbrennbare Stoffe* kennen lernen“ [HE 1995, S. 136]

Im Zusammenhang mit der Behandlung des Themas Feuer verweisen die Rahmenpläne in der Regel auch auf die Gefahren im Umgang mit Feuer und auf entsprechende Vorsichtsmaßnahmen. Die Einbeziehung von flüssigen und leichtentzündlichen Brennstoffen sowie deren notwendige Kennzeichnung mit dem Gefahrstoffsymbol wird jedoch nur in den Lehrplänen Bayerns, Hessens und Sachsens aufgeführt, allerdings nicht unter dem Themenbereich Feuer (vgl. Kap. 5.2.2., S. 67).

Anknüpfend an den Lerninhalt, dass Wachsdämpfe brennbar sind, wird in dieser Unterrichtskonzeption eine mögliche Behandlung der Vorgänge beim Brennen einer Kerze vorgestellt, allerdings ohne dabei den Prozess der Stoffumwandlung zu thematisieren. Auch die Pläne Sachsens und Bayerns beziehen diesen Unterrichtsgegenstand innerhalb des Themas Feuer mit ein.

Sachsen; Themenbereich: Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur (Jgst. 4)

- „Versuchsreihe zum *Brennvorgang bei einer Kerze*“ [S 2004, S. 24]

Bayern; Themenbereich: Verbrennung (Jgst. 3)

- „...; leistungstärkere Schüler: *die Kerze* (Aufbau, Funktion des Doctes, heiße Zonen in der Kerzenflamme)“ [B 2000, S. 198]

Zum Einfluss des Zerteilungsgrades von Brennstoffen auf das Entstehen von Feuer findet man nur im Rahmenplan Bayerns einen entsprechenden Hinweis.

Bayern; Themenbereich: Verbrennung (Jgst. 3)

- „Abhängigkeit der Entzündbarkeit von der Beschaffenheit feststellen, z.B. trocken-nass, *kompakt-fein zerteilt*“ [B 2000, S. 198]

Der in dieser Unterrichtseinheit unter Punkt 3) formulierte Lerninhalt „Methoden der Brandbekämpfung (Sicherheitserziehung)“ wird in den Rahmenplänen für den Sachunterricht meist unter „Brandschutzmaßnahmen“, „Brandverhütung“ oder „Löschen (eines Feuers)“ allgemein zusammengefasst. Die Lehrpläne Niedersachsens und Bayerns stellen als einzige einen direkten Bezug zum Verbrennungsdreieck her.

Niedersachsen; Themenbereich: Natur (Erwartete Kompetenzen am Ende des Schuljahrgangs 4)

- „Brandschutzmaßnahmen kennen, *Brandschutzmaßnahmen aus dem Verbrennungsdreieck ableiten*“ [N 2006, S. 25]

Bayern; Themenbereich: Verbrennung (Jgst. 3)

- „Die *Verbrennung* fördern oder *behindern*: Zuführen bzw. Entfernen brennbarer Stoffe; *Luftzufuhr* begünstigen bzw. *unterbinden*; *Temperatur unter die Entzündungstemperatur absenken*, z.B. *Wasser in die Flamme gießen*“ [B 2000, S. 198]
- „Verschiedene *Löschmethoden* erproben“ [B 2000, S. 198]

In dieser Unterrichtskonzeption bilden die Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer sowie die Methoden der Brandverhütung Schwerpunkte zum Thema Feuer. Der Verbrennungsprozess als Stoffumwandlung wird aufgrund kaum zu überwindender Verständnisschwierigkeiten nicht thematisiert (vgl. Kap. 5.7.2.).

Zunächst soll anhand zahlreicher Experimente mit unterschiedlichen Brennstoffen das „Verbrennungsdreieck“ entwickelt werden. Um an die Alltagserfahrungen der Schüler anknüpfen zu können, erfolgt die Vermittlung der Lerninhalte am Beispiel des Lager- und des Grillkohlenfeuers.

Mit dem Vorhandensein eines Brennstoffes als eine notwendige Voraussetzung lernen die Schüler gleichzeitig die Brennbarkeit bzw. Nichtbrennbarkeit als eine weitere Stoffeigenschaft kennen. Danach können Stoffe näher beschrieben und unterteilt werden. Die in der UE 2 „Körper und Stoffe“ eingeführten Begriffe Stoffe und Stoffeigenschaften werden wie in den folgenden Unterrichtseinheiten zu Luft, Wasser, Kohlendioxid und zur Stoffumwandlung nun erneut angewendet, vertieft und erweitert.

Bei der Untersuchung verschiedener Stoffe in Bezug auf Brennbarkeit werden neben festen Stoffen gezielt unterschiedliche Flüssigkeiten und Gase einbezogen.

Im Zusammenhang mit der Behandlung von Stoffeigenschaften verschiedener Flüssigkeiten wurde bereits in der UE 2 „Körper und Stoffe“ auf eine mögliche Unterscheidung von Flüssigkeiten anhand der Brennbarkeit bzw. Nichtbrennbarkeit hingewiesen (vgl. Kap. 5.2.2.). Jedoch spätestens beim Thema Feuer sollte das Vergleichen unterschiedlicher Alltagsflüssigkeiten in den Blickpunkt des Interesses gerückt werden. Ausgehend von der gängigen Schülervorstellung, alle Flüssigkeiten seien aus Wasser gemacht (STAVY & STACHEL, vgl. Kap. 5.2.2.), kann die Aufmerksamkeit der Schüler bewusst auf charakteristische Unterschiede (Geruch und Brennbarkeit) von beispielsweise Benzin und Spiritus im Vergleich zu Wasser gelenkt werden. Das Herausstellen der Unterschiede scheint sinnvoll, da die Gemeinsamkeiten, also das „wasserähnliche“ Aussehen (flüssig, oft farblos und leicht beweglich), den Schüler impliziert, dass es sich bei anderen Flüssigkeiten auch immer um irgendeine Form von Wasser handelt.

Ein daran anknüpfender wichtiger Lerninhalt ist die Kenntnis, dass Benzin und Spiritus leichtentzündlich sind und somit auch eine besondere Gefahrenquelle darstellen. Im Zuge dessen wird das entsprechende Gefahrstoffsymbol eingeführt bzw. wiederholt (ggf. Einführung in der UE 2 „Körper und Stoffe“). Je nach Leistungsvermögen der Schüler kann an dieser Stelle schon darauf eingegangen werden, dass es die Gase sind, die brennen. In einem entsprechenden Experiment lässt sich den Schülern das Entzünden von Benzin und Spiritus über der Flüssigkeitsoberfläche veranschaulichen. Daraus schlussfolgernd und unter Anwendung der Kenntnisse zu den Aggregatzustandsänderungen erfahren die Schüler, dass Benzin und Spiritus als leichtflüchtige Stoffe bereits bei Raumtemperatur verdampfen und entzündbare Gase bilden.

Im Anschluss an Flüssigkeiten werden Luft, Kohlendioxid und Feuerzeuggas hinsichtlich der Brennbarkeit überprüft. Dem gezielten Einsatz von gasförmigen Stoffen liegen folgende Überlegungen zugrunde.

Zum einen ist es ein grundsätzliches Anliegen dieser Unterrichtskonzeption neben Feststoffen und Flüssigkeiten auch gezielt gasförmige Stoffe zum Gegenstand von Untersuchungen zu machen, da diese für Schüler weniger existent sind (vgl. Kap. 5.3.2.). Durch eine unterrichtliche Behandlung sollen gasförmige Stoffe zunehmend ins Bewusstsein der Schüler gerückt werden. Dies ist auch für den späteren naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe wichtig, da Gase im Zusammenhang mit der Deutung chemischer Reaktionen von großer Bedeutung sind.

So wie in der kindlichen Vorstellung Wasser als Prototyp aller Flüssigkeiten angesehen wird, stellt Luft in den Augen der Schüler die Grundsubstanz aller Gase dar. Darum werden drei unterschiedliche gasförmige Stoffe im direkten Vergleich der Stoffeigenschaften gegenübergestellt. Hierbei werden nach einem Wiederholen der Gemeinsamkeiten von Gasen, analog zum Untersuchen unterschiedlicher Alltagsflüssigkeiten, nun die unterschiedlichen Stoffeigenschaften (Geruch, Wirkung auf Feuer bzw. Brennbarkeit) herausgestellt. Beim Versuch Luft, Kohlendioxid und Feuerzeuggas mit einem brennenden Span zu entzünden, können die unterschiedlichen Beobachtungen den Schülern verdeutlichen, dass es sich offensichtlich um drei

verschiedene Stoffe handelt. Während der Span in Luft weiter brennt, erlischt er in einem mit Kohlendioxid gefüllten Glas augenblicklich. Das Feuerzeuggas entzündet sich und brennt mit leuchtender Flamme.

Die erstickende Wirkung von Kohlendioxid haben die Schüler bereits in der UE 4 „Kohlendioxid“ kennen gelernt. Nach einem „Wiederauffrischen“ dieser Kenntnis in dem eben beschriebenen Versuch findet sie beim Thema Feuerlöschen mit einem Kohlendioxid-Feuerlöscher Anwendung.

Die Überprüfung der Brennbarkeit von Luft soll den Schülern außerdem folgenden wichtigen Unterschied bewusst machen. Die Anwesenheit von Luft ist zwar eine notwendige Voraussetzung, damit Stoffe brennen können, die Luft selbst ist allerdings nicht brennbar. (Dass „Dinge“, wie z.B. eine Kerze, zum Brennen Luft benötigen, ist 8- bis 9-jährigen Grundschulern in der Regel schon bekannt, vgl. Kap. 5.7.2.). Denn in der Unterrichtserprobung sprachen die Schüler häufig von „verbrannter“ oder „abgebrannter“ Luft. Auch wenn die Möglichkeit besteht, dass Kinder solche Formulierungen nur deshalb gebrauchen, weil ihnen noch keine entsprechenden Fachbegriffe zur Verfügung stehen, sollte auf diesen Unterschied aufmerksam gemacht werden.

Möglichen Sicherheitsbedenken in Bezug auf den Einsatz von Feuerzeuggas im Sachunterricht sollen einige Aspekte, die für eine Verwendung von Feuerzeuggas sprechen, entgegenstellt werden.

Wie bereits erwähnt bietet Feuerzeuggas die Gelegenheit, den Schülern eindrucksvoll zu zeigen, dass es im Gegensatz zu Luft auch brennbare und damit andere Gase gibt. Die Schüler lernen damit ein weiteres Beispiel für gasförmige Stoffe kennen und können ihr Wissen zum gasförmigen Aggregatzustand anwenden und verallgemeinern. Außerdem kann mit der Verwendung von Feuerzeugen und Gaskartuschen im Alltag bzw. in einem experimentellen Unterricht durchaus ein Bezug zur Lebenswelt der Schüler hergestellt werden. Feuerzeuge und Feuerzeug-Nachfülldosen sind zudem im Unterricht leicht handhabbar, so dass sich Feuerzeuggas ohne großen Aufwand einsetzen lässt und zum Durchführen von Experimenten genutzt werden kann.

Hinsichtlich der Sicherheitsbedenken bezüglich einer Einführung von Feuerzeuggas sei bemerkt, dass gerade der Unterricht eine wichtige Funktion übernehmen kann, in dem er die Schüler bewusst auf die Gefahren im Umgang mit diesem Stoff aufmerksam macht. Damit wird auch der Sicherheitserziehung im Sachunterricht Rechnung getragen.

Ein Nachteil bzw. störender Faktor ist der Umstand, dass das Gas in den jeweiligen Behältnissen in flüssiger Form vorliegt. Dies stellt für die Schüler einen gravierenden Widerspruch dar. Allerdings besteht die Möglichkeit mittels Experiment (Komprimieren von Feuerzeuggas in einer Spritze) phänomenologisch zu veranschaulichen, dass sich gasförmige Stoffe durch Ausübung von Druck verflüssigen lassen. In diesem Zusammenhang kann die Komprimierbarkeit als besondere Eigenschaft von Gasen, die die Schüler in der UE 3 „Luft begreifen“ kennen gelernt haben, wiederholt, angewendet und verallgemeinert werden.

Aufbauend auf das Überprüfen der Brennbarkeit von Gasen soll zuletzt Wachs als Brennstoff näher untersucht werden. Hierbei finden die Aggregatzustandsänderungen erneut Anwendung. In der vorangegangenen UE 7 „Stoffumwandlung“ wurde das Schmelzen und Erstarren von Wachs bereits behandelt. Daran anknüpfend erfahren die Schüler, dass durch weiteres Erhitzen von flüssigem Wachs Wachsdämpfe entstehen, die sich entzünden lassen. Das Verdampfen als Aggregatzustandsänderung ist den Schülern aus der UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“ bekannt.

Die Einsicht, dass Wachsdämpfe brennbar sind, ist für Schüler eine wichtige Wissensgrundlage, damit sie später die Phänomene beim Verbrennen einer Kerze erfassen können. Denn wie die Ergebnisse einer Studie [MÉHEUT et al. 1985 aus STRUNK 1998, S. 139] zeigen, haben selbst 10- bis 12-Jährige große Schwierigkeiten, diese Vorgänge zu verstehen - u.a. deshalb, weil sie nicht wissen, dass Wachs brennbar ist (vgl. Kap. 5.7.2.).



Vertiefend bzw. ergänzend wird in dieser Unterrichtseinheit eine Möglichkeit aufgezeigt, wie man Grundschulern mithilfe von Experimenten schon verdeutlichen kann, dass es ebenfalls die Wachsdämpfe sind, die bei einer Kerze brennen.

Nachdem mit dem Vorhandensein eines Brennstoffs die erste Seite des „Verbrennungsdreiecks“ erarbeitet worden ist, lernen die Schüler die Entzündungstemperatur als weitere notwendige Voraussetzung für das Entstehen von Feuer kennen. Anhand unterschiedlicher Versuche zum Entzünden eines Streichholzes wird den Schülern veranschaulicht, dass ein brennbarer Stoff erst dann anfängt zu brennen, wenn er auf seine Entzündungstemperatur gebracht wird. Dies kann am Beispiel des Streichholzes durch den Einsatz unterschiedlicher Wärmequellen und Hilfsmittel erreicht werden (Kerze, Toaster, Sonne und Lupe) und ohne den Streichholzkopf in eine offene Flamme zu halten.

Als dritte und letzte Seite des „Verbrennungsdreiecks“ wird die notwendige Anwesenheit von Luft thematisiert. Wie bereits in der UE 7 „Stoffumwandlung“ erwähnt (vgl. Kap. 5.7.2.), war den 8- bis 9-jährigen Schülern in der Unterrichtserprobung in der Regel schon bekannt, dass eine Kerze zum Brennen Luft benötigt. Dieses Kenntnis soll nun für alle Brennstoffe verallgemeinert werden. Forschend-entwickelnd und anknüpfend an die Alltagserfahrung, dass man durch „Pusten“ oder „Wedeln“ ein Grillkohlenfeuer in Gang bekommt, erfahren die Schüler zunächst, dass auch Kohle Luft zum Brennen bzw. Glühen benötigt. Nach Versuchen mit Holz und Papier wird das Vorhandensein von Luft als Voraussetzung für den Brennvorgang als allgemeine Aussage festgehalten.

In der Unterrichtserprobung gebrauchten die Schüler im Zusammenhang mit Phänomenen der Verbrennung erstmalig und recht häufig neben Luft auch den Begriff Sauerstoff. Im weiteren Unterrichtsverlauf werden beide Begriffe synonym verwendet. Eine Einführung von Luft als Stoffgemisch, in dem Sauerstoff ein Bestandteil ist, erscheint in der Grundschule verfrüht.

Zusammenfassend sollen mit der ausführlichen Erarbeitung des „Verbrennungsdreiecks“ wichtige Vorkenntnisse für den naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe geschaffen werden. So können aufbauend im späteren Chemieunterricht die Seiten des Dreiecks über das Konzept der chemischen Reaktion gedeutet werden. Erste Verständnisgrundlagen für die chemische Reaktion wurden in der UE 7 „Stoffumwandlung“ angebahnt. Die Kenntnisse zu den Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer können außerdem genutzt werden, um später das Zusammenwirken von Reaktionsbedingungen tiefergehend zu vermitteln. Mit dem Einfluss des Zerteilungsgrades von Brennstoffen lernen die Schüler im Anschluss an das „Verbrennungsdreieck“ in dieser Unterrichtseinheit bereits eine Bedingung kennen.

Da Feuer neben seinen vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten auch immer eine Gefahr darstellt, bilden die unterschiedlichen Löschmethoden einen weiteren inhaltlichen Schwerpunkt. Ausgehend von den Alltagserfahrungen der Schüler werden am Beispiel eines Papierbrandes verschiedene Löschmöglichkeiten erprobt und diskutiert. Aus den Kenntnissen des „Verbrennungsdreiecks“ sollen die Schüler die drei allgemeinen Maßnahmen der Brandbekämpfung und deren Wirkungsweise ableiten können. In diesem Zusammenhang wird den Schülern mithilfe von Experimenten veranschaulicht, dass beim Löschen mit Wasser der Brennstoff unter seine Entzündungstemperatur abgekühlt wird. Anhand eines einfachen Modellexperimentes wird die Wirkungsweise eines Kohlendioxid-Feuerlöschers nachempfunden und erklärt. Hierbei wenden die Schüler ihre bisherigen Kenntnisse zu Kohlendioxid an.



#### **Zu 4) Energieumwandlung bei der Verbrennung**

Laut den Rahmenplänen für die Grundschule ist eine Heranführung an den Energiebegriff innerhalb des Themas Feuer nicht vorgesehen. Allerdings findet sich in einigen Lehrplänen ein indirekter Bezug zur Energiethematik im Zusammenhang mit der Nutzung und Bedeutung von Feuer. Teilweise werden sogar verschiedene Beispiele für Nutzungsmöglichkeiten von Verbrennungsvorgängen aufgezählt, die unterschiedliche Energieformen und Energieumwandlungen darstellen.

Mecklenburg-Vorpommern/ Berlin/ Brandenburg; Themenbereich: Feuer (Jgst. 1/2)

- „*Bedeutung des Feuers für den Menschen* beschreiben: Feuer im Leben der Menschen früher und heute“ [MV/BE/BB 2004, S. 41]

Hamburg; Themenbereich: Feuer (Jgst. 1/2)

- „*Wärme, Licht*“ [H 2003, S. 18]

Sachsen; Themenbereich: Begegnung mit Phänomenen der unbelebten Natur (Jgst. 4)

- „Kennen des Einflusses von Feuer auf das Leben der Menschen: *Nutzen* und Gefahren, *Licht- und Wärmespende*, ...“ [S 2004, S. 24]

Sachsen-Anhalt; Themenbereich: Luft-Feuer-Wasser-Boden (Kompetenzen am Ende des Schuljahrgangs 2)

- „*Feuer- und Wärmenutzung*, z.B. Schutzfunktion, Nahrungszubereitung, Wohnraumbeheizung“ [SA 2005, S. 14]

Bayern; Themenbereich: Verbrennung (Jgst. 3)

- „*Nutzungsmöglichkeiten von Verbrennungsvorgängen* sammeln: *Grillen, Heizen, Leuchten, Antreiben* o. Ä.“ [B 2000, S. 198]

Sofern in den Lehrplänen für die Grundschule eine Behandlung des Themas Energie vorgesehen ist, soll dieses hauptsächlich im Zusammenhang mit Luft und Wasser oder in Bezug auf elektrischen Strom vermittelt werden.

Berlin/Brandenburg; Themenbereich: Technische Entwicklungen und Herstellungsverfahren (Jgst. 3/4)

- „*unterschiedliche Möglichkeiten der Energieumsetzung* benennen und vergleichen: Modelle, die die *Energie der Luft und des Wassers* nutzen“ [BE/BB 2004, S. 41]

Sachsen; Themenbereich: Wahlpflicht: Kräfte von Wind und Wasser (Jgst. 1/2)

- „Einblick gewinnen in die Bedeutung von *Wind und Wasser* als Naturkräfte: *naturgegebene Energie* nutzbar gemacht, ...“ [S 2004, S. 13]

Hessen; Themenbereich: Nutzen von Energie (Jgst. 3/4)

- „*Erwärmte Luft als Antrieb* für ein Mobile nutzen“ [HE 1995, S. 133]

Hamburg; Themenbereich: Naturphänomene (Jgst. 3/4)

- „Elektrischer Strom: ..., *verschiedene Wirkungen des elektrischen Stroms (Wärme, Licht, Bewegung)* kennen lernen“ [H 2003, S. 27]

Lernplaninhalte in Bezug auf die Thematik erneuerbare Energiequellen findet man eher selten.

Baden-Württemberg; Themenbereich: Energie, Materialien, Verkehrswege (Jgst. 4)

- „konventionelle und alternative Möglichkeiten der Energiegewinnung, Energieformen und Energieträger im Alltag“ [BW 2004, S. 108]
- „Energieformen und Energieträger im Alltag; elektrischer Strom, Gefahren, Wirkungen: Wärme, Licht, Bewegung“ [BW 2004, S. 108]

Bremen; Themenbereich: Technische Entwicklungen und Errungenschaften (Jgst. 3/4)

- „Beispiele für *Energieumwandlungen (Wärme, Bewegung, elektrische Energie)*
- Nutzung von Naturkräften und *erneuerbarer Energie (Wind, Wasser, Sonne, Biomasse)*“ [BR 2007, S. 32]

In dieser Unterrichtskonzeption wird die Entstehung von Kohlendioxid bei der Verbrennung als vertiefender bzw. ergänzender Lerninhalt vorgeschlagen. Daran anknüpfend kann die Umweltbelastung durch den Menschen thematisiert werden. Ein diesbezüglicher Hinweis ist im Rahmenplan Bayerns aufgeführt.

Bayern; Themenbereich: Verbrennung (Jgst. 3)

- „Entstehung von Schadstoffen bei Verbrennungsvorgängen“ [B 2000, S. 198]

Das Konzept Energie ist für ein naturwissenschaftliches Verständnis und für die in der Sekundarstufe folgenden Unterrichtsfächer Biologie, Physik und Chemie von großer Bedeutung. Für den Chemieunterricht ist die Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen neben der Stoffumwandlung ein weiterer zentraler Aspekt.

Aber auch angesichts der gesellschaftlichen Problematik im Zusammenhang mit dem Nutzen von Energieressourcen und der notwendigen Entwicklung eines Umweltbewusstseins scheint es unverzichtbar, Schüler schon frühzeitig an das Thema Energie heranzuführen.

Wie zu anderen naturwissenschaftlichen Phänomenen existieren auch zu dieser Thematik unterschiedliche Vorstellungen, die von einer wissenschaftlichen Sichtweise mehr oder weniger stark abweichen.

DUIT untersuchte z.B. Alltagsvorstellungen zu Energie und führt u.a. einen Assoziationstest mit 147 Schülern des 6. Schuljahres vor dem Physikunterricht durch. Die Schüler sollten aufschreiben, was ihnen spontan zum Begriffsnamen Energie einfällt. Dabei wurden nachstehende Wörter unterschiedlich häufig genannt [DUIT 1986, S. 106].

Strom	44 %	Kraft	12 %
Öl	18 %	Sonne	12 %
Energiesparen	14 %	Benzin	10 %
Licht	14 %	Wasser	10 %

TRUMPER fand in seiner Studie mit 10- bis 14-jährigen Schülern heraus, dass die 10-Jährigen gegenüber den 11- bis 14-Jährigen bei freien Assoziationen zum Begriff Energie wesentlich häufiger menschliche Tätigkeiten bzw. Anstrengungen nennen. Sie bevorzugen also noch deutlich eine anthropozentrische Sichtweise. Außerdem ist die Bandbreite der Assoziationen größer. Ein weiteres Ergebnis dieser Untersuchung war, dass von allen Altersgruppen „pseudo-physikalische Begriffe wie Kraft oder Elektrizität“ [TRUMPER 1993 aus STRUNK 1998, S. 132] wesentlich häufiger mit Energie verknüpft werden als Begriffe wie Sonne, Wärme oder Licht. Zwischen Kraft, Arbeit und Energie unterscheiden die Schüler kaum [STRUNK 1998, S. 132].

Eigene Befragungen aus der Unterrichtserprobung bestätigen diese Aussagen. Bevor der Begriff Energie thematisiert wurde, sollten die Schüler (9- bis 10-jährig) in einem schriftlichen Test versuchen, mit wenigen Worten zu umschreiben, was sie unter Energie verstehen.

Häufig verwendeten die Schüler Begriffe wie Kraft, aber auch Power, Stärke oder Strom und meist unter einem anthropozentrischen Blickwinkel.

- „Energie ist *Kraft*.“
- „Ich verstehe unter Energie viel *Kraft* und *Power*.“
- „*Kraft*, *Stärke*, *Power fit*.“
- „*Kraft*, manchmal auch Spannung.“
- „Energie ist eine *Kraft*. Mit Energie kommt man weiter.“
- „Energie ist, wenn man keine *Kraft* mehr hat. Wenn du Wasser trinkst, dann hast du Energie.“
- „Zum Beispiel beim Sport, da braucht man Energie. Ich verstehe es so, dass Energie eine *Kraft* ist oder auch eine Wärme.“
- „Energie ist für mich *Stärke*.“
- „Es ist etwas, das einem *Kraft* und *Stärke* gibt. Es ist aber auch Energie im *Strom*.“
- „Energie ist *Strom (Kraft)*. Ein Mensch braucht Energie zum Leben, Toben.“

- „Energie kann z.B. zu *Strom* werden. Aber Energie ist auch *Kraft*, *Stärke*. Man sagt auch: ‚Ich bin voller Energie‘. Dann meint derjenige, dass er fit ist.“
- „*Strom* (Lampen, Herd usw.), Energie ist aber auch der Körper.“
- „Energie ist ähnlich wie *Strom* oder der Mensch hat Energie.“
- „Unter Energie verstehe ich zum Beispiel: *Strom*, der durch die ganze Welt geleitet wird, die Energie des Menschen.“
- „Unter Energie verstehe ich, dass es das Gleiche ist wie *Strom*, dass es etwas zum Leuchten bringt.“

Die häufige Nennung des Begriffes Strom liegt sicherlich darin begründet, dass dieses Thema zuvor im Werkunterricht behandelt wurde.

Andere Schülerbeschreibungen aus der Unterrichtserprobung beziehen sich ausschließlich auf eine anthropozentrische Sichtweise. Nach dieser Anschauung wird Energie selten mit unbeweglichen Gegenständen in Zusammenhang gebracht, sondern v.a. mit der belebten Welt. „Energie hat etwas mit Menschen zu tun. Ohne Energie sind Menschen oder überhaupt Lebewesen müde und weniger aktiv. Ihre Energie kann aber durch Essen oder Ausruhen wieder aufgeladen werden“ [TRUMPER 1993 aus STRUNK 1998, S. 131]. Solche Vorstellungen sind auch der Alltagssprache verschuldet. Folgende Beispiele aus dem eigenen Unterricht verdeutlichen dies.

- „Energie: Ist etwas im Körper. Mit Energie bleibt man fit.“
- „Wenn man schlafen geht, ist das die beste Lösung, um Energie zu tanken.“
- „Sprechen, laufen, konzentrieren, schreiben, schlafen, überlegen, riechen, kauen, essen.“
- „Man muss Muskeltraining machen und schön viel Obst essen.“
- „Obst essen, Sport treiben.“

Andere Assoziationen zu Energie, wie z.B. Licht oder Sonne, kamen in den Schülerbeschreibungen der Unterrichtserprobung seltener vor.

- „Ich verstehe unter Energie die *Verbrennung* oder *Hitze* verschiedener Stoffe.“
- „Ich verstehe darunter *Blitz* und *Donner*.“
- „Bei Lampen ist die Energie im *Licht*.“
- „Energie ist für mich was Tolles. Weil sonst hätten wir kein *Licht* abends.“
- „Wenn man z.B. *Sonnenenergie* mit Solarzellen auffängt, kann man dadurch z.B. Wasser warm kriegen.“
- „Z.B. *Kalorien*, was in unserer Nahrung ist. Und eine *Strömung*.“

Ähnliche Schlüsse lassen sich auch aus den Schülerantworten einer weiteren Aufgabe des schriftlichen Tests in der Unterrichtserprobung ziehen. Hierbei sollten die Schüler (27 = 100 %) konkrete Beispiele für Energie angeben. Folgende Begriffe wurden mit unterschiedlicher Häufigkeit genannt:

9 Nennungen (33,3 %):	Strom,
3 Nennungen (11,11 %):	Kraft, Power, Licht,
2 Nennungen (7,4 %):	Wärme, Batterien, Windräder, Fernseher,
1 Nennung (3,7 %):	Feuer, Sonnenenergie, Reibungshitze, Muskeln, Luft, Ausdauer, Staubsauger, Lampe, Herd, Mensch, Essen, Apfel, Traubenzucker, Energiedrinks, Energiebonbons, Sport, Schlafen, Spielen.

Allerdings bereitete das Nennen von Beispielen zu Energie im Gegensatz zum Beschreiben von Energie vielen Schülern Schwierigkeiten. 8 von 27 Schülern konnten bei dieser Aufgabenstellung keine Angaben machen.

Eine Untersuchung von SPÄGELE (2008), die sich mit dem naturwissenschaftlichen Vorverständnis von Schulanfängern befasst, zeigt dagegen, dass vor bzw. zum Zeitpunkt der Einschulung andere Assoziationen zum Begriff Energie dominieren. Auf die Frage, „worin denn Energie stecke, nannten die Schulanfänger nach absteigender Häufigkeit zunächst natürliche Energieträger (Sonne, Blitz, Wind, Wasser), gefolgt von biologischen (Mensch, Körper, Essen) und schließlich künstlichen Energieträgern (Benzin, Batterie)“ [SPÄGELE 2008, S. 221]. Haushaltsgeräte als Verbraucher wurden verhältnismäßig selten erwähnt. Die veränderte Rangfolge der Begriffsnennungen nach einigen Schuljahren könnte darauf zurückzuführen sein, dass im Sachunterricht biologische Themen wie Körper und Gesundheit und das Thema Stromkreis innerhalb des Bereiches „Unbelebte Natur“ bevorzugt unterrichtet werden.

Aus der Befragung von Schulanfängern geht außerdem hervor, dass Kinder in diesem Alter kaum nähere Vorstellungen zu Energie ausgebildet haben. Sie verfügen über einen äußerst vagen Energiebegriff, der noch nicht belegt und ausgeprägt zu sein scheint [SPÄGELE 2008, S. 183]. Das Konzept der Energie ist demzufolge für jüngere Schüler in der Grundschule nur schwer oder noch gar nicht zugänglich.

Wichtig für das Verstehen eines wissenschaftlichen Energiekonzeptes ist ein kausales Denken in Bezug auf Ursache und Wirkung von Energie. Obwohl TRUMPER in seiner Studie mit 10- bis 14-Jährigen nachweisen konnte, dass bei den 10-jährigen Schülern noch anthropozentrische Vorstellungen überwiegen, sind in diesem Alter und spätestens im Alter von 11 Jahren auch schon die Energievorstellungen „Ursache“ und „Produkt“ vorhanden. Das bedeutet, dass diese Schüler Energie bereits als Ursache für viele Vorgänge bzw. als „Produkt oder das nur kurzlebige Nebenprodukt von manchen Vorgängen“ [STRUNK 1998, S. 131] ansehen. Schüler dieser Altersstufe sind scheinbar schon in der Lage, kausale Denkopoperationen in ein Energiekonzept zu integrieren.

Daraus schlussfolgernd sollte Unterricht schon bei 10-Jährigen entsprechende Inhalte behandeln [TRUMPER 1993 aus STRUNK 1998, S. 133]. Daher erscheint es sinnvoll, zumindest den älteren Grundschulern (3. – 4. Klasse) im Sachunterricht bereits möglichst verschiedene Energieformen und -umwandlungen zu veranschaulichen.

DUITs Untersuchungsergebnisse stützen diese Vermutung. Danach bringen die Schüler zu Aspekten des Energietransports und der Energieumwandlung zu Beginn der Sekundarstufe I bereits Vorstellungen mit, an die der Unterricht anknüpfen kann. Den meisten 10- bis 12-Jährigen gelingt es beim Beobachten und Beschreiben von Versuchsabläufen, selbst bei komplexeren Experimenten, einen richtigen kausalen Ablauf anzugeben [DUIT 1986, S. 105 f.].

Während Schulanfänger kaum nähere Vorstellungen zu Energie haben, überwiegt bei Schülern der Sekundarstufe eine „Treibstoffvorstellung“. Danach ist Energie eine Art universeller Treibstoff, der aus bestimmten Quellen wie Öl, Benzin, Kohle, Sonne, Wind oder Wasser gewonnen und zum Antrieb vieler Prozesse genutzt werden kann [DUIT 1986, S. 105]. SCHECKER & THEYßEN weisen darauf hin, dass diese für Schüler anschauliche Vorstellung fachlich problematisch ist. „Sie weckt falsche Assoziationen zu einer materiellen Substanz, die geliefert und verbraucht wird. Energie und Energieträger werden leicht gleichgesetzt (z.B. Heizöl oder elektrischer Strom als Energie)“ [SCHECKER & THEYßEN 2007, S. 82].

Für DUIT bietet diese „Treibstoffvorstellung“ jedoch tragfähige Anknüpfungspunkte, die allerdings erweitert und teilweise korrigiert werden müssen, z.B. in Bezug auf die Aspekte Energietransport und Energieumwandlung.

In der hier vorgestellten Unterrichtskonzeption soll die Thematik Feuer genutzt werden, um Schüler an verschiedene Energieformen und -umwandlungen heranzuführen. Licht und Wärme sind den Kindern als Begleiterscheinungen der Verbrennung aus ihrer Lebenswelt vertraut. Deshalb bietet sich eine inhaltliche Verknüpfung von Feuer und Energie an. In diesem Zusammenhang stehen Brennstoffe, wie z.B. Holz, Kohle, Wachs und Benzin, als chemische Energieträger im Mittelpunkt. Die Anbahnung eines chemischen Verständnisses zu Energie scheint auch deshalb wichtig, weil zumindest Schulanfänger nachweislich mit Energie v.a. Bewegung assoziieren [SPÄGELE 2008]. Eine Studie ergab, dass nach Auffassung der Kinder



starr erscheinende Gegenstände oder Lebewesen deutlich weniger Energie enthalten als bewegte Objekte. In Bezug auf Lebewesen stufen Schulanfänger Menschen und Tiere energiereicher ein als Pflanzen. Selbst einem vom Sturm gebogenen Baum wurde weniger Energie zugeordnet als bewegtem Wasser [SPÄGELE 2008, S. 221 f.]. Aber auch die Befragung in der Unterrichtserprobung zeigte, dass viele der 9- bis 10-jährigen Schüler mit dem Begriff Energie noch häufig menschliche Aktivitäten verbinden. Eine Assoziation mit Brennstoffen tauchte dagegen noch nicht auf.

Mit der Behandlung von Brennstoffen als Energieträger erfahren die Schüler in dieser Unterrichtseinheit, dass in Stoffen (als nicht bewegte Objekte) chemische Energie gespeichert ist. Daran anknüpfend könnte man sogar schon erste Zusammenhänge zwischen der Sonnenenergie, die in Pflanzen umgewandelt und gespeichert wird, und der Entstehung fossiler Brennstoffe aus abgestorbenen Pflanzen aufzeigen. Ein diesbezüglicher Informationstext findet sich auf einem Schülerarbeitsblatt (SB S. 70 „*Wozu verbrennt der Mensch eigentlich Stoffe?*“).

Um die neuen Lerninhalte aufbauend auf bereits vorhandene Alltagserfahrungen der Schüler vermitteln zu können, wurde für den Unterrichtseinstieg zum Thema Energie ein entsprechendes Schülerarbeitsblatt entwickelt (SB S. 69 „*Wozu verbrennt der Mensch eigentlich Stoffe?*“). In der ersten Aufgabe sollen die Schüler zu vorgegebenen Beispielen notieren, zu welchem Nutzen der Mensch die verschiedenen Stoffe jeweils verbrennt. Damit können Schülererfahrungen aktiviert und eingeholt werden. Auch in der Unterrichtserprobung sollten die Schüler während des Unterrichts diese Einstiegsaufgabe lösen. In der Auswertung der Schülerarbeitsblätter zeigte sich, dass die 34 Schüler (9 bzw. 10 Jahre alt) meist ähnliche Antworten gaben.

#### a) Verbrennen von Holz beim Lagerfeuer:

- „Wärme“, 28 Schüler (83,4 %)
- „Licht“, 13 Schüler (38,2 %)
- „Essen aufwärmen/ kochen/ braten/ garen/ rösten/ grillen“, 12 Schüler (35,3 %)
- „Damit man Freunde einlädt und es sehr gemütlich ist.“/ „um zu feiern“/ „Gemütlichkeitsquelle“, 3 Schüler (8,8 %)
- „Damit das Holz weggkommt.“/ „Entfernung überschüssigen Holzes“/ „Zum Nutzen, dass etwas verbrannt werden soll.“, 3 Schüler (8,8 %)
- „Dünger“ (Vermutlich ist die entstehende Asche gemeint.), 1 Schüler (2,9 %)

#### b) Verbrennen von Kohle, Holz im Ofen oder Kamin:

- „Wärme“, 27 Schüler (79,4 %)
- „Licht“, 8 Schüler (23,5 %)
- „zum Kochen/ Backen/ Essen machen“, 3 Schüler (8,8 %)
- „zum Heizen“, 2 Schüler (5,9 %)
- „Damit es gemütlicher ist.“/ „Gemütlichkeitsquelle“, 2 Schüler (5,9 %)
- „zum Feuer machen“, 1 Schüler (2,9 %)
- „Dünger“ (Vermutlich ist die entstehende Asche gemeint.), 1 Schüler (2,9 %)
- „Damit es schön riecht und dass der Rauch oben aus dem Schornstein kommt.“, 1 Schüler (2,9 %)
- „?“ 1 Schüler (2,9 %)

#### c) Verbrennen von Wachs bei einer Kerze:

- „Licht“, 25 Schüler (73,5 %)
- „Wärme“, 8 Schüler (23,5 %)
- „zur Beruhigung.“/ „für die Romantik.“/ „Es ist gemütlich.“/ „Es sieht schön aus.“, 4 Schüler (11,8 %)
- „Ersatz für eine Lampe / „damit es im Haus hell ist, wenn ein Stromausfall ist (abends)“, 3 Schüler (8,8 %)
- „um neue Kerzen zu machen“, 1 Schüler (2,9 %)
- „damit man mit der Flüssigkeit, die nach der Verbrennung der Kerze ist, wieder eine neue Kerze darauf setzen kann“, 1 Schüler (2,9 %)



- „damit kann man Figuren machen“, 1 Schüler (2,9 %)
- „?“ . 1 Schüler (2,9 %)
- d) Verbrennen von Benzin im Automotor:**
- „zum Fahren/ um (schneller) vorwärts zu kommen“, 25 Schüler (73,5 %)
- „um den Motor anzutreiben“, 2 Schüler (5,9 %)
- „zum Vorwärtskommen, damit der Motor funktioniert, ähnlich wie Treibstoff“, 1 Schüler (2,9 %)
- „Treibstoff“, 1 Schüler (2,9 %)
- „Bewegung“, 1 Schüler (2,9 %)
- „Energie“, 1 Schüler (2,9 %)
- „?“ . 1 Schüler (2,9 %)

Wie die Schülerantworten aus der Unterrichtserprobung erkennen lassen, werden Begriffe wie Wärme, Licht oder Fahren als Beispiel für Bewegung von den Schülern sehr häufig genannt. Darauf aufbauend können Aspekte zu Energieformen und Energieumwandlungen behandelt werden. Aber auch die von den Schülern zum Teil gebrauchten Alltagsformulierungen wie „um Wärme bzw. Licht zu *erzeugen*/ zu *erhalten*/ zu *spenden*/ *herzustellen*“ oder der Alltagsbegriff „*Treibstoff*“ lassen sich in eine unterrichtliche Auseinandersetzung einbeziehen. Sie bieten die Gelegenheit, Schülervorstellungen in Bezug auf Energie näher zu hinterfragen, zu diskutieren und in Richtung eines wissenschaftlichen Konzeptes zu lenken.

Ausgehend von der in Brennstoffen enthaltenen chemischen Energie werden am Beispiel verschiedener Experimente unterschiedliche Energieumwandlungen veranschaulicht. Dabei dienen bekannte Alltagsphänomene, wie u.a. das Aufsteigen eines Heißluftballons oder das Drehen einer Weihnachtspyramide, als Ausgangspunkt. Anhand eines Modellexperimentes zum Automotor wird den Schülern die Umwandlung von chemischer Energie in Bewegungsenergie (Drehbewegung der Räder) durch Verbrennen von Benzin verdeutlicht.

Daran anknüpfend kann die Umweltproblematik im Zusammenhang mit der Energienutzung durch den Menschen thematisiert werden. Dazu wird in dieser Unterrichtseinheit folgendes Beispiel als Vertiefung bzw. Ergänzung vorgeschlagen. Je nach Leistungsmöglichkeiten der Schüler kann mittels Experiment gezeigt werden, dass bei einer Verbrennung von z.B. Benzin Kohlendioxid entsteht. Kohlendioxid und dessen Nachweis mittels Kalkwasser ist den Schülern aus den vorangegangenen Unterrichtsstunden dieser Konzeption bekannt. Mit dem Wissen um die Entstehung von Kohlendioxid bei Verbrennungsvorgängen kann nun über den Zusammenhang von Kohlendioxid und möglichen Umweltbelastungen recherchiert und diskutiert werden. Im Zuge dessen kann die Bedeutung von „Schlagwörtern“ wie Abgase oder Treibhauseffekt, die den Schülern häufig schon aus den Medien bekannt sind, geklärt werden.

Weiterführend lassen sich Lerninhalte zu erneuerbaren Energiequellen (z.B. Sonne, Wind oder Wasser) integrieren.

Ein erster Zugang zum Aspekt der Energieerhaltung kann eventuell mithilfe des Modellexperimentes zur Verbrennung von Benzin im Automotor geschaffen werden. Die dabei entstehende Wärmeenergie ist ein Beispiel dafür, dass auch unerwünschte Energieumwandlungen stattfinden. Diese werden in der Alltagssprache als sogenannte Energieverluste bezeichnet. Den Schülern kann mitgeteilt werden, dass dieser Begriff der wissenschaftlichen Auffassung widerspricht. Danach kann Energie nicht verloren gehen. Sie wird lediglich in andere Energieformen umgewandelt. Der Alltagsbegriff Energieverluste bezeichnet aus wissenschaftlicher Sicht Energie, die vom Menschen nicht genutzt werden kann.



Die Entwicklung eines Verständnisses für Energieerhaltung bedarf jedoch laut DUIT einer besonderen Aufmerksamkeit, da dieser Aspekt im alltagssprachlichen Gebrauch des Wortes Energie keine Stütze erfährt. Vermutlich können Schwierigkeiten mit der Energieerhaltung überwunden werden, wenn im Unterricht parallel dazu die Energieeentwertung mit den Schülern entwickelt wird [DUIT 1986]. Dieser Lerninhalt ist für Grundschüler sicherlich schwer bzw. kaum vermittelbar und steht deshalb in dieser Unterrichtskonzeption nicht im Vordergrund.



### 5.8.3. Möglicher Unterrichtsverlauf

Die Beschreibung eines möglichen Unterrichtsverlaufs strukturiert sich in Form von Doppelstunden. Wesentliche Unterrichtsabschnitte werden zunächst in einer Tabelle dargestellt. Dabei werden folgende Abkürzungen benutzt: AM: Anschauungsmittel, EA: Einzelarbeit, GA: Gruppenarbeit, HA: Hausaufgabe, L: Lehrer, LD: Lehrerdemonstration, LDE: Lehrerdemonstrationsexperiment, LV: Lehrervortrag, PA: Partnerarbeit, S: Schüler, SB: Schülerarbeitsblatt, SDE: Schülerdemonstrationsexperiment, SE: Schülerexperiment, ST: Schülertätigkeit, UE: Unterrichtseinheit, UG: Unterrichtsgespräch.

Im Anschluss an jede Tabelle werden einzelne Unterrichtsabschnitte (mit \* markiert) detaillierter beschrieben, insbesondere die Durchführung von Experimenten und Erfahrungen aus der Unterrichtserprobung (gekennzeichnet durch: ► **Aus der Praxis:**).

1. Doppelstunde		
<b>Lerninhalte/ Lernziele:</b> <b>1) Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer</b> Die Schüler sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>• unterschiedliche feste, flüssige und gasförmige Stoffe in Bezug auf Brennbarkeit bzw. Nichtbrennbarkeit unterscheiden können,</li> <li>• wissen, dass Benzin und Spiritus im Vergleich zu Öl leichtentzündliche Flüssigkeiten sind, die durch das entsprechende Gefahrstoffsymbol gekennzeichnet werden müssen,</li> <li>• Feuerzeuggas als weiteren gasförmigen und brennbaren Stoff kennen lernen und mit Luft und Kohlendioxid vergleichen,</li> <li>• wissen, dass Wachsdämpfe brennbar sind (und ergänzend bzw. vertiefend dieses Wissen beim Erkunden der Funktionsweise einer Kerze anwenden),</li> <li>• am Beispiel unterschiedlicher Entzündungsmöglichkeiten eines Streichholzes erfahren, dass sich ein Brennstoff bei Erreichen seiner Entzündungstemperatur entzündet und dazu kein Kontakt mit einer offenen Flamme notwendig ist,</li> <li>• mit dem Wissen um die Brennbarkeit und Entzündbarkeit von Stoffen erste wichtige Brandschutzregeln im Alltag nennen und begründen können.</li> </ul> <b>Wichtige Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Merkmale von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen,</li> <li>• Luft und Kohlendioxid als gasförmige Stoffe.</li> </ul>		
Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Problemgewinnung</b>  <u>Problemfrage:</u> „Was braucht man alles, um ein Feuer zu machen?“	- Motivierung der S durch den L: „Am Ende der UE wollen wir zusammen (auf einem Schulfest/ einer Klassenfahrt) ein Lagerfeuer machen und grillen.“ - L formuliert Problemfrage. - Antwortsuche als Zielstellung für die gesamte UE	
<b>2. Aufstellen von Vermutungen *</b>	<u>UG:</u> - S tragen ihr bisheriges Wissen zusammen, - Festhalten und Ordnen der Schülervorschläge zu einer Übersicht, - gemeinsames Planen der nächsten Unterrichtsschritte anhand der Übersicht.	Anfertigen der Übersicht auf Plakat oder Flip Chart (mögliches Zurückgreifen auf die Schülervorschläge in den nachfolgenden Unterrichtsabschnitten)

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
Überprüfen der Vermutungen mithilfe von Experimenten	- L gibt vorläufiges Ziel an: „Zunächst wollen wir herausfinden, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit ein Feuer entsteht.“	
<b>3. Brennstoff als Voraussetzung für die Entstehung von Feuer</b>	- Untersuchen verschiedener fester, flüssiger und gasförmiger Alltagsstoffe in Bezug auf Brennbarkeit - S teilen auf dem SB Stoffe nach brennbar oder nicht brennbar ein.	<i>SB S. 62 „Welche Stoffe sind brennbar?“, Aufgabe 1</i>
3.1. Untersuchen verschiedener <u>fester</u> Alltagsstoffe in Bezug auf Brennbarkeit *	- S vergleichen unterschiedliche feste Alltagsstoffe bezüglich ihrer Brennbarkeit.	LDE z.B. Papier/ Pappe, Sand, Holz, Stein, Kohle, Glas, Keramik, Laub, Metall, Baumwollstoff,
3.2. Untersuchen verschiedener <u>flüssiger</u> Alltagsstoffe in Bezug auf Brennbarkeit *	<u>S erfahren:</u> - dass Benzin, Spiritus und Öl im Unterschied zu Wasser brennbare Flüssigkeiten sind, - dass Benzin und Spiritus leichtentzündlich sind und durch das entsprechende Gefahrensymbol gekennzeichnet werden müssen.  <u>Vertiefung/ Ergänzung:</u> - Nicht die Flüssigkeiten verbrennen, sondern die Dämpfe/ Gase, - Benzin und Spiritus (leicht flüchtig) gehen schon bei Raumtemperatur in den gasförmigen Aggregatzustand über und bilden Benzin- bzw. Spiritusdämpfe (Anwenden der Aggregatzustandsänderungen), - Öl muss erst erhitzt werden, bevor es zu brennen anfängt.	LDE Wasser, Benzin, Spiritus, Öl  
3.3. Untersuchen verschiedener <u>gasförmiger</u> Alltagsstoffe in Bezug auf Brennbarkeit *	- Wiederholen von Beispielen für gasförmige Stoffe (Luft, Kohlendioxid) - S lernen Feuerzeuggas als weiteren gasförmigen Stoff kennen. <u>Vertiefung/ Ergänzung:</u> Feuerzeuggas kann unter Druck verflüssigt werden.  - S vergleichen Luft, Kohlendioxid und Feuerzeuggas bezüglich der Brennbarkeit.	Übersicht zu den Aggregatzustandsänderungen  SE (EA/ PA)  LDE  LDE mit ST Luft, Kohlendioxid, Feuerzeuggas  

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
3.4. Untersuchen von Kerzenwachs in Bezug auf Brennbarkeit *	<ul style="list-style-type: none"><li>- S erfahren, dass die Wachsdämpfe brennen.</li><li>- Wiederholen/ Anwenden der Aggregatzustandsänderungen am Beispiel von Kerzenwachs</li></ul> <u>Vertiefung/ Ergänzung:</u> Auch bei einer Kerze brennen die Wachsdämpfe.	LDE SB S. 63 „Ist Kerzenwachs brennbar?“; Aufgabe 1   LDE SB S. 63, Aufgaben 2 - 3
3.5. Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zusammenfassen/ Festhalten der neuen Erkenntnis</li><li>- L führt Begriff „Brennstoff“ ein.</li><li>- S tragen „Brennstoff“ in das Verbrennungsdreieck auf dem SB ein.</li><li>- Rückkopplung zur Ausgangsfrage, L-Impuls: „Welche Brennstoffe wären für ein Lagerfeuer möglich, geeignet?“ (Holz, Papier, ...)</li></ul>	SB S. 66 „Was braucht man alles, um ein Feuer zu machen?“; Aufgabe 1
4. Entzündungstemperatur als Voraussetzung für das Entstehen von Feuer *	<ul style="list-style-type: none"><li>- Anknüpfen an vorangegangenen Unterrichtsabschnitt, L-Impuls: „Wir haben für das Lagerfeuer genug Brennstoff zusammengetragen ... , was machen/ brauchen wir jetzt?“;</li><li>- UG/ Zurückgreifen auf die Übersicht.</li></ul> <p>► <b>Aus der Praxis:</b> S: „Brennstoff anzünden mit Feuerzeug, Streichhölzer, ..., Lupe und Sonnenstrahlen, Stock in trockenem Heu drehen bis Funken kommen ...“</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- mittels Versuchen erarbeiten, dass eine bestimmte Temperatur erreicht werden muss, damit sich ein Brennstoff entzündet</li><li>- LV: „Jeder Brennstoff braucht eine bestimmte Temperatur, damit er überhaupt zu brennen anfängt. Diese Temperatur nennt man Entzündungstemperatur. Jeder Stoff hat eine andere Entzündungstemperatur.“</li><li>- S tragen „Entzündungstemperatur“ in das Verbrennungsdreieck auf dem SB ein.</li><li>- Rückkopplung zur Ausgangsfrage, L-Impuls: „Womit lässt sich ein Lager- oder Grillfeuer entfachen?“ (z.B. Streichhölzer, Feuerzeug, ...)</li></ul> <p><u>Anknüpfungsmöglichkeiten:</u> „Wie haben die Menschen vor der Erfindung von Streichhölzern oder Feuerzeugen ein Feuer entfacht?“</p>	<p>Übersicht zu den Schüler-vorschlägen: „Was braucht man alles, um ein Feuer zu machen?“ (siehe Unterrichtsabschnitt „2. Aufstellen von Vermutungen“)</p> <p>LDE, SE (EA/ PA): Entzünden eines Streichholzes: - durch Reibung, - durch Einsatz unterschiedlicher Wärmequellen und ohne das Streichholz in eine Flamme zu halten.</p>   SB S. 66 „Was braucht man alles, um ein Feuer zu machen?“; Aufgabe 1

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>5. Brandschutzregeln *</b> (Sicherheitserziehung)	<u>Anwenden der neuen Kenntnisse</u> , <u>UG:</u> - Besprechen von Brandschutzregeln im Haushalt, in der Schule, - Gefahren beim Feuer machen (z.B. Grillunfälle mit Spiritus).  - mögliche Recherche zum Brandschutz, Grill-Tipps	<a href="http://www.kindersicherheit.de">http://www.kindersicherheit.de</a> (Rubrik „Wissenslexikon“)

## Zu 2. Aufstellen von Vermutungen

### ► Aus der Praxis:

Auf die Frage „Was braucht man alles, um ein Feuer (z.B. Lagerfeuer) zu machen?“ unterbreiteten die Schüler folgende Vorschläge, die in einer Übersicht geordnet wurden.

„Zum Verbrennen“:	„Zum Anzünden“:	„Feuer braucht“:	„Zum Löschen, zum Schutz vor Ausbreitung.“
<b>Holz</b> <b>Papier</b> <b>Pappe</b>	<b>Feuerzeug</b> <b>Streichhölzer</b> <b>Kohleanzünder</b> <b>Spirit</b> <b>Späne</b> („Um es umweltfreundlicher anzuzünden, statt Spiritus.“) <b>Steine</b> („Zum Funken machen.“) <b>Schwefel</b> („Der ist am Streichholzkopf zum Anzünden.“) „Eine <b>Lupe</b> oder eine <b>Glasscherbe</b> , die so eine gewölbte Form hat. Und wenn genug <b>Sonne</b> ist, dann können wir damit das Holz anzünden.“ „Man kann auch so einen <b>Stock drehen</b> und <b>trockenes Gras oder Heu</b> ranhalten. Und wenn dann Funken kommen, muss man pusten.“	<b>Sauerstoff</b> („Ohne Sauerstoff geht das Feuer aus.“) „Der ist in der Luft/überall.“) <b>Luft</b> („Feuer braucht Luft.“)	<b>Steine</b> („Damit das Feuer sich nicht ausbreitet.“) <b>Wasser</b> („Zum Ausmachen.“)



### Zu 3.1. Untersuchen verschiedener fester Alltagsstoffe in Bezug auf die Brennbarkeit

#### Materialien

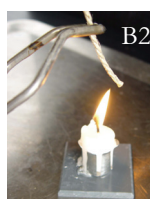
pro Klasse:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Metalltablett, Backblech),
- Haushaltskerze,
- Feueranzünder,
- Holzspan (z.B. Schaschlikspieß),
- Tiegelzange, Reagenzglasklammer oder Holzwäscheklammer,
- brennbare und nicht brennbare Feststoffe, z.B. Papier, Pappe, Erde/ Sand, Holz, Stein, Grillkohle, Glas, Keramik (Teller), Laub, Metall (Geldstück, Teelöffel), Baumwollfaden oder -stoff (Bild 1),
- Löschmöglichkeit (z.B. größeres Gefäß mit Wasser).



#### Durchführung

Die verschiedenen Feststoffe werden nacheinander auf Brennbarkeit überprüft. Dazu werden kleine Stoffproben z.B. mit einer Tiegelzange in eine Kerzenflamme gehalten (Bild 2). Die Brennbarkeit von Sand kann z.B. mit einem brennenden Span überprüft werden (Bild 3).



#### Beobachtung

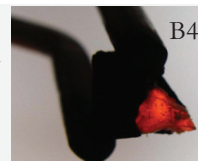
Papier, Pappe, Holz, Grillkohle, Laub und Baumwollfaden bzw. -stoff sind brennbare Stoffe. Erde/ Sand, Stein, Glas, Keramik und Metall brennen dagegen nicht.

#### Fachliche Hinweise:

Ein Stoff kann auch ohne Flamme brennen, z.B. Holzkohle (Bild 4). Dann spricht man von Glühen (Glutbrand).

#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Auf die Tatsache, dass auch Metalle brennbare Stoffe sind und sich bei hohem Zerteilungsgrad sehr gut entzünden lassen, wird in dieser Unterrichtskonzeption für die Grundschule noch nicht eingegangen.



### Zu 3.2. Untersuchen verschiedener flüssiger Alltagsstoffe in Bezug auf die Brennbarkeit

#### Materialien

pro Klasse:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, Metalltablett, Keramikteller),
- Teelicht oder Mikroflam-Brenner,
- Feueranzünder,
- Holzspan (z.B. Schaschlikspieß),
- Teelichtgehäuse oder Kaffeelöffel aus Metall als Verbrennungsgefäß,
- brennbare und nicht brennbare Flüssigkeiten, z.B. Wasser, Feuerzeugbenzin, Brennspritus (Bild 1),
- Löschmöglichkeit (feuerfeste Abdeckung).



### Durchführung

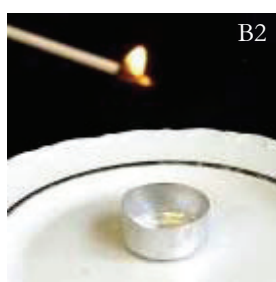
Nacheinander werden jeweils kleine Mengen der verschiedenen Flüssigkeiten im Teelichtgehäuse oder Kaffeelöffel mithilfe eines brennenden Holzspans auf Brennbarkeit überprüft (Bild 2). Beim Entzünden sollte der brennende Holzspan langsam der Flüssigkeitsoberfläche genähert werden. Das flüssige Lampenöl muss zunächst über einem brennenden Teelicht erhitzt werden, bis sichtbare Dämpfe aufsteigen (Bild 4). Anschließend können die Dämpfe entzündet werden.

### Beobachtung und Schlussfolgerung

In Wasser erlischt der brennende Holzspan augenblicklich. Wasser ist demzufolge nicht brennbar.

Benzin und Spiritus entzünden sich, sobald der brennende Holzspan in die Nähe der Flüssigkeitsoberfläche gelangt, und verbrennen. Benzin brennt mit leuchtend heller Flamme (Bild 3), Spiritus dagegen mit einer blass bläulichen Flamme. Es empfiehlt sich daher, den Raum etwas abzudunkeln.

Flüssiges Lampenöl lässt sich nicht entzünden, aber die aufsteigenden Dämpfe (Bilder 4 und 5). Lampenöl ist demnach ein brennbarer Stoff.



### Fachliche Hinweise:

Der Flammpunkt (nicht zu verwechseln mit der Siedetemperatur) ist die niedrigste Temperatur, bei der aus einer Flüssigkeit (bei einem Luftdruck von 1013 hPa) Dämpfe in solche Mengen entweichen, dass sie mit der Luft über der Flüssigkeitsoberfläche ein entflammbares Gemisch bilden. Dieses Gemisch ist dann mithilfe einer Zündquelle (offene Flamme, Funke, heißer Gegenstand) entflammbar. Nicht die Flüssigkeit brennt, sondern ihr Dampf (das Gas). Im Gegensatz zu Lampenöl liegt der Flammpunkt von Benzin und Spiritus unter 21 °C. Deshalb können sie leicht entzündet werden. Da die Feuergefährlichkeit somit zunimmt, müssen die Aufbewahrungsgefäße der Stoffe mit dem entsprechenden Gefahrstoffsymbol gekennzeichnet werden (Bild 5).

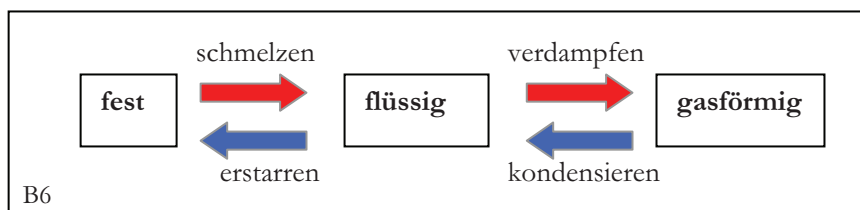
Beispiele für die Flammpunkte verschiedener Alltagsstoffe:

- Spiritus (Ethanol): Flammpunkt 12 °C [SICHERHEITSDATENBLATT a],
- Reinigungsbenzin: Flammpunkt - 9 °C [SICHERHEITSDATENBLATT b],
- Lampenöl: Flammpunkt > 60 °C [SICHERHEITSDATENBLATT c],
- Kerzenwachs (Paraffin): Flammpunkt ca. 230 °C [SICHERHEITSDATENBLATT d].

Der Flammpunkt ist von der Entzündungstemperatur (auch Zündtemperatur) zu unterscheiden. Die Entzündungstemperatur ist die Temperatur, auf die ein brennbarer Stoff in Gegenwart von Luft (Sauerstoff) gebracht werden muss, damit er sich von selbst (ohne Heranführung einer offenen Flamme) entzündet. Die Entzündungstemperatur liegt wesentlich höher als der Flammpunkt.

### Vertiefung/ Ergänzung

Vertiefend kann im Vergleich der Beobachtungsergebnisse aus dem vorangegangenen Versuch folgende Fragestellung abgeleitet werden: Warum entzünden sich Benzin und Spiritus im Gegensatz zu Öl ganz leicht - ohne dass sie vorher erhitzt werden müssen? Den Schülern wird mitgeteilt, dass nicht die Flüssigkeit brennt, sondern ihr Dampf. Im Gegensatz zu Lampenöl sind Benzin und Spiritus leicht flüchtige Stoffe, die schon bei Raumtemperatur Gase/ Dämpfe bilden. Diese schweben über der Flüssigkeit und lassen sich leicht entzünden. (Dabei entsteht so viel Hitze, dass die restliche Flüssigkeit verdampft und verbrennt.) Eine Übersicht zu den Aggregatzustandsänderungen (Bild 6), die die Schüler bereits in der UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“ kennen gelernt haben, kann als Unterstützung dienen.



Mit folgenden Versuchen kann den Schülern veranschaulicht werden, dass es die Benzin- bzw. Spiritusdämpfe über der Flüssigkeit sind, die sich entzünden.

### Materialien

pro Klasse:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, Metalltablett),
- Feueranzünder,
- Holzspan (z.B. Schaschlikspieß),
- 2 Gläser mit Deckel (z.B. Einweckglas),
- Feuerzeugbenzin und/ oder Flasche Reinigungsbenzin (Bild 7),
- Brennspritus.



### Durchführung

Eine ganz geringe Menge Benzin bzw. Spiritus wird in ein Glas gefüllt. (Ungefähr so viel, dass der Glasboden gerade bedeckt ist.) Das Glas wird verschlossen und vorsichtig etwas hin- und hergeschwenkt. Der Deckel wird geöffnet und ein brennender Holzspan langsam von oben in das Glas geführt (Bild 8).

Alternativ kann eine geöffnete Flasche Reinigungsbenzin schräg über ein größeres Glas gehalten werden. Es ist darauf zu achten, dass kein flüssiges Benzin aus der Flasche fließt. Anschließend wird der Inhalt des Glases mit einem brennenden Holzspan angezündet.



### Beobachtung und Schlussfolgerung

Im Glas, weit über der Flüssigkeitsoberfläche, entsteht eine große Flamme (Bild 8). Nicht die Flüssigkeit, sondern die nicht sichtbaren, gasförmigen Benzin- bzw. Spiritusdämpfe haben sich entzündet.

### Didaktisch-methodische Hinweise:

Die Schüler sollten darauf hingewiesen werden, dass Stoffe, die sich leicht entzünden, auch eine Gefahr darstellen. Deshalb müssen die Verpackungen mit dem entsprechenden Gefahrstoffsymbol gekennzeichnet werden (Bild 9).

Dass Benzin und Spiritus (Alkohol) leicht verdunstende Stoffe sind, können die Schüler auch beobachten. Dazu wird jeweils ein Tropfen der Flüssigkeiten auf eine Glasplatte (z.B. Objektträger) gegeben. Nach wenigen Sekunden sind Benzin und Spiritus verdunstet. Mit der Luft gelangen die Gase zur Nase und man kann die charakteristischen Gerüche wahrnehmen.



### Zu 3.3. Untersuchen verschiedener gasförmiger Alltagsstoffe in Bezug auf die Brennbarkeit

Luft, Kohlendioxid und Feuerzeuggas sollen in Bezug auf Brennbarkeit miteinander verglichen werden. Luft und Kohlendioxid haben die Schüler in der UE 3 „Luft begreifen“ und der UE 4 „Kohlendioxid“ bereits kennen gelernt. Mit Feuerzeuggas, als weiteren gasförmigen Stoff, müssen die Schüler zunächst bekannt gemacht werden.

#### Materialien

pro Schüler/ Schülerpaar:

- Gasfeuerzeug mit Reibrad und Druckknopf (Bild 1).

#### Durchführung

Der Druckknopf des Feuerzeugs wird betätigt ohne dabei das Reibrad zu bewegen und dicht an das Ohr gehalten. (Achtung! Zunächst einen sicheren Abstand zum Ohr halten und dann langsam dem Ohr nähern.) Anschließend soll das ausströmende Gas betrachtet werden. Dann wird vorsichtig eine Geruchsprüfung vorgenommen.

#### Beobachtung und Auswertung

Hält man das Feuerzeug dicht an das Ohr, kann man das aus der Düse ausströmende Gas hören. Das Gas ist farblos und hat einen typischen Geruch.



#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Die Eigenschaften von Feuerzeuggas können mit den Stoffeigenschaften von Luft und Kohlendioxid verglichen werden. Dabei werden Gemeinsamkeiten (Farbe, Transparenz, Aggregatzustand) und Unterschiede (Geruch) herausgestellt.

#### Fachliche Hinweise:

Feuerzeuggase bestehen aus einem Gemisch verschiedener gasförmiger Alkane, hauptsächlich Propan und Butan. Der typische Geruch ist auch auf Zusatzstoffe zurückzuführen. Im Gehäuse (Gastank) des Gasfeuerzeugs befindet sich allerdings ein flüssiges Propan-Butan-Gemisch. Der Aggregatzustand von Stoffen ist neben der Temperatur auch vom Druck abhängig. Propan kondensiert beispielsweise unter normalen Bedingungen (Luftdruck von 1013 hPa) bei einer Temperatur von -42 °C. Durch Erhöhung des Drucks lässt sich dieser Siede- bzw. Kondensationspunkt erhöhen, so dass Gase sich bei Raumtemperatur verflüssigen lassen. Feuerzeuggas kann man schon bei relativ geringem Druck verflüssigen. Daher kann es in Feuerzeugen und Nachfüllgefäßen flüssig aufbewahrt werden.

Beim Feuerzeug (Bild 2) ragt ein poröser Kunststoffstab in die Flüssigkeit, der wie ein Docht wirkt. Durch seine Kapillarität lässt er die Flüssigkeit schneller verdampfen. Betätigt man den Druckknopf des Feuerzeuges, kann die unter Druck stehende Flüssigkeit im Gastank verdampfen und durch eine kleine Düse nach außen in die Luft gelangen. Neben der Düse befindet sich ein Reibrad. Der Feuerstein ist von außen nicht sichtbar. Dreht man am Reibrad, so werden kleine Teile des Feuersteins durch Reibung herausgerissen. Diese entzünden sich an der Luft und es entstehen Funken. Lässt man gleichzeitig durch Betätigen des Druckknopfes Gas ausströmen, wird dieses durch die Funken entzündet. Es entsteht eine Flamme.

Bild aus:

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bild:Feuerzeugsteinrp.jpg&filetimestamp=20050213160014>





### Vertiefung/ Ergänzung

Beim Umgang mit dem Gasfeuerzeug kann es seitens der Schüler zu folgendem Verständnisproblem kommen. Warum strömt Gas aus der Düse, wenn im Gehäuse eine Flüssigkeit ist? Mithilfe eines Experimentes lässt sich den Schülern zeigen, dass Stoffe nicht nur durch Veränderung der Temperatur, sondern auch durch Änderung des Drucks ihren Aggregatzustand ändern können.

#### Materialien

pro Klasse:

- Feuerzeug-Nachfülldose (Bild 3),
- 10-ml-Einwegspritze mit passender Verschlusskappe,
- Schutzbrille.

#### Durchführung

Das Ventil der Nachfülldose wird mit einem passenden Adapter versehen. Anschließend füllt man die Spritze vollständig mit Feuerzeuggas, indem man die Spritze senkrecht von oben auf das Ventil drückt (Bild 4). Dabei sollte der Spritzenkolben mit einer Hand gesichert werden. Die Spritzenöffnung wird verschlossen. Nun drückt man den Kolben so weit wie möglich in das Spritzengehäuse.

#### Beobachtung und Auswertung

Wird der Kolben bis unter die 2-ml-Marke in die Spritze hineingedrückt, erkennt man an den Innenwänden des Spritzengehäuses kleine Flüssigkeitstropfen (Bild 5). Durch den Druck hat sich das Feuerzeuggas in der Spritze verflüssigt. Lässt man den Kolben wieder los, so bewegt er sich in die Ausgangsposition zurück, wobei man keine Flüssigkeit mehr in der Spritze erkennen kann. Bei nachlassendem Druck ist die Flüssigkeit wieder gasförmig geworden.



Im folgenden Versuch sollen Luft, Kohlendioxid und Feuerzeuggas im direkten Vergleich auf Brennbarkeit überprüft werden.

#### Materialien

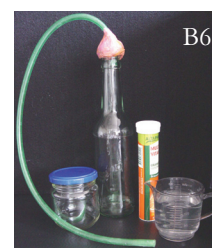
pro Klasse:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, Metalltablett),
- Feueranzünder,
- Holzspan (z.B. Schaschlikspieß),
- Einweckglas,
- Getränkeflasche, Kannchen Wasser, 3 Brausetabletten, Gummischlauch mit Knete als Verbindungsstück für die Flaschenöffnung, Einweckglas mit Deckel (Freisetzen und Auffangen von Kohlendioxid, Bild 6),
- größeres, durchsichtiges Gefäß (Wanne/ Schale) mit Wasser gefüllt, Gasfeuerzeug mit Reibrad und Druckknopf, kleines Glas (z.B. Schnapsglas) und ein Deckel zum Abdecken des Glases (pneumatisches Auffangen von Feuerzeuggas),
- Löschmöglichkeit (feuerfeste Abdeckung).

#### Durchführung

##### a) Freisetzen und Auffangen von Kohlendioxid

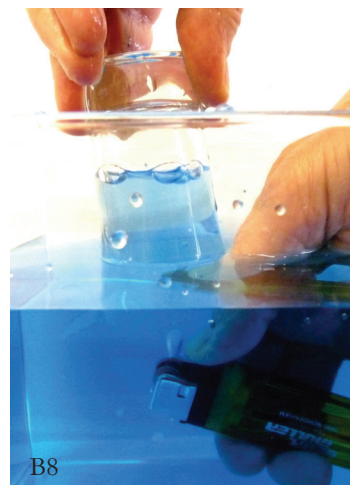
Dieser Versuch kann als Wiederholung aus der UE 4 „Kohlendioxid“ in Form eines Schülerdemonstrationsexperimentes durchgeführt werden. Dazu löst man in einer Getränkeflasche 3 Brausetabletten in Wasser und leitet mithilfe eines Schlauchs das entstehende Kohlendioxid in ein Glas ein (Bild 7). Anschließend wird das Glas mit einem Deckel verschlossen.





#### b) Pneumatisches Auffangen von Feuerzeuggas

Das pneumatische Auffangen von Feuerzeuggas kann vom Lehrer oder einem Schüler durchgeführt werden. Dazu wird ein möglichst kleines Glas in die mit Wasser gefüllte Wanne gelegt, so dass es sich vollständig mit Wasser füllt. Dann wird es mit der Öffnung nach unten in der Wanne aufgestellt. Das Feuerzeug wird unter Wasser getaucht, so dass sich die Gasdüse unter der Öffnung des Glases befindet. Durch Betätigen des Druckknopfes lässt man nun Feuerzeuggas in das Glas strömen, bis es vollständig mit Gas gefüllt ist (Bild 8). Das Glas wird unter Wasser mit dem Deckel verschlossen und herausgeholt.



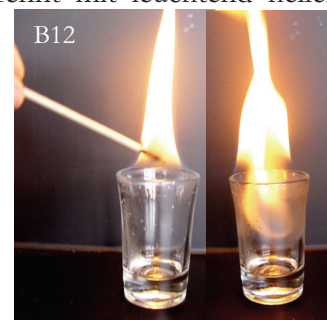
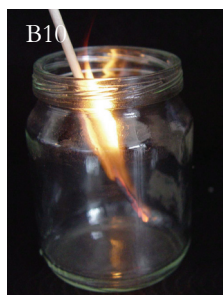
#### c) Untersuchen von Luft, Kohlendioxid und Feuerzeuggas in Bezug auf Brennbarkeit

Die Gläser mit Luft, Kohlendioxid bzw. Feuerzeuggas werden nebeneinander gestellt (Bild 10). Anschließend werden die Gase mittels brennenden Holzspans nacheinander auf Brennbarkeit überprüft.

##### Beobachtung und Auswertung

Zu b) Man sieht die Feuerzeuggasblasen aufsteigen, die nach und nach das Wasser im Glas verdrängen (Bild 8).

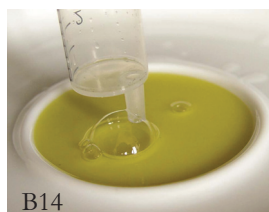
Zu c) In Luft brennt der Span zwar weiter - die Luft selbst brennt aber nicht (Bild 10). In dem Glas mit Kohlendioxid erlischt der Span augenblicklich (Bild 11). Es ist demzufolge nicht brennbar. Das Feuerzeuggas dagegen entzündet sich sofort und brennt mit leuchtend heller Flamme (Bild 12).



##### Ergänzung

Als zusätzliche Möglichkeit können mit Feuerzeuggas gefüllte Seifenblasen auf einer feuerfesten Unterlage (z.B. Teller) angezündet werden. Dazu gibt man etwas Seifenlösung auf die Unterlage. Eine Spritze wird mit Feuerzeuggas gefüllt, indem man die Spritzenöffnung auf die Düse des Feuerzeuges steckt, den Gasknopf drückt und gleichzeitig den Spritzenkolben nach oben zieht (Bild 13). Die Spritze kann auch mit Gas aus der Feuerzeug-Nachfülldose gefüllt werden. Anschließend wird etwas Feuerzeuggas aus der Spritze vorsichtig in die Seifenlösung gedrückt (Bild 14) und mithilfe eines brennenden Holzspans entzündet (Bild 15).

Um zu zeigen, dass es sich bei dem Stoff aus der Nachfülldose tatsächlich um das brennbare Feuerzeuggas handelt, kann das Gas aus dieser Dose mithilfe eines Schlauchs in ein Glas gefüllt (Bild 16) und dann entzündet werden. Die Schüler sollten darauf hingewiesen werden, dass das Feuerzeuggas hochentzündlich ist und mit dem entsprechenden Gefahrstoffsymbol und dem Kennbuchstaben „F+“ gekennzeichnet werden muss (Bild 17).



### Didaktisch-methodische Hinweise:

Beim pneumatischen Auffangen von Feuerzeuggas können die Schüler ihre Kenntnisse zu den Merkmalen gasförmiger Stoffe anwenden und verallgemeinern (Gase passen sich der jeweiligen Gefäßform an und verteilen sich gleichmäßig in dem zur Verfügung stehenden Raum.). Anhand dieses Beispiels kann auch wiederholend und anwendend auf die Begriffe Körper und Stoff (siehe UE 2) Bezug genommen werden. Die unterschiedlichen Beobachtungen beim Untersuchen von Luft, Kohlendioxid und Feuerzeuggas auf Brennbarkeit können den Schülern auf eindrucksvolle Weise veranschaulichen, dass es sich tatsächlich um drei verschiedene gasförmige Stoffe handelt, obwohl sie dem äußeren Erscheinungsbild nach nicht zu unterscheiden sind (farblos und durchsichtig). Die erstickende Wirkung von Kohlendioxid haben die Schüler bereits in der UE 4 „Kohlendioxid“ kennen gelernt und wird in diesem Zusammenhang wiederholt. Die Besonderheit der Luft (des Sauerstoffs), dass sie für die Verbrennung notwendig, selbst aber nicht brennbar ist, sollte für die Schüler deutlich herausgestellt werden. Oftmals haben sie Schwierigkeiten, zwischen diesen beiden Eigenschaften zu unterscheiden und schlussfolgern aus der Beobachtung, Luft (Sauerstoff) ist brennbar. Der Lehrer kann folgenden Denkanstoß geben: „Wenn man in einem Raum ein Streichholz anzündet, dann müsste demnach die gesamte Luft im Raum in Flammen aufgehen.“

### Zu 3.4. Untersuchen von Kerzenwachs in Bezug auf Brennbarkeit

Dieser Versuch erfährt eine gesonderte Stellung, da die Schüler hierbei mehrere unterschiedliche Vorgänge beobachten und in einen richtigen Zusammenhang bringen sollen. Beim Erhitzen von festem Kerzenwachs sollen die Schüler zunächst ihr Wissen zu den Aggregatzustandsänderungen Schmelzen und Verdampfen auf den Stoff Wachs anwenden. Das Entzünden und Brennen der Wachsdämpfe zeigt den Schülern, entgegen der häufigen Alltagsauffassung, dass Wachs tatsächlich brennbar ist. Wurde am Beispiel von Benzin, Spiritus und Lampenöl das Bilden von entzündbaren Dämpfen noch nicht thematisiert, erfahren die Schüler an dieser Stelle etwas für sie wirklich Neues. Manche Stoffe müssen erst erhitzt werden, um Gase/ Dämpfe zu bilden, die dann entzündet werden können.

#### Materialien

pro Klasse:

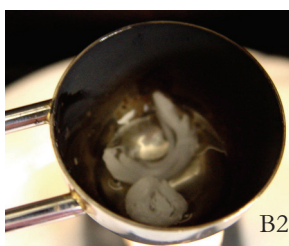
- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, Metalltablett, Teller),
- Kaffeelöffel aus Metall (als Verbrennungsgefäß),
- Feueranzünder,
- Holzspan (z.B. Schaschlikspieß),
- Haushaltskerze,
- Stück Kerzenwachs (Haushaltskerze ohne Docht, Wachsreste).

#### Durchführung

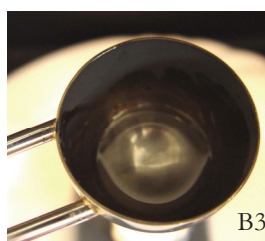
- a) Zunächst soll versucht werden, festes Wachs (z.B. Haushaltskerze ohne Docht) mittels Feueranzünder oder Kerzenflamme zu entzünden (Bild 1).
- b) Eine kleine Wachsprobe wird nun in einem Kaffeelöffel über einer Kerzenflamme zum Schmelzen gebracht (Bilder 2 und 3) und mittels brennenden Holzspans auf Brennbarkeit überprüft.
- c) Das flüssige Wachs wird weiter erhitzt, bis sichtbare Wachsdämpfe aufsteigen. Diese werden mit einem brennenden Holzspan entzündet (Bild 4).



B1



B2



B3



B4

### Beobachtung

Zu a) Das Wachs beginnt durch die Wärmezufuhr zu schmelzen und tropft herunter (Bild 1). Es brennt jedoch nicht.

Zu b) Flüssiges Wachs brennt nicht.

Zu c) Die Wachsdämpfe brennen (Bild 5).



### Didaktisch-methodische Hinweise:

Die Beobachtungsergebnisse können mithilfe einer Übersicht zu den Aggregatzustandsänderungen ausgewertet und zusammengefasst werden, siehe SB S. 63 „Ist Kerzenwachs brennbar?“, Aufgabe 1. Die in der UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände“ eingeführten Aggregatzustandsänderungen sollen die Schüler auf den Stoff Wachs anwenden. Mithilfe von Teelichtern kann man die Schüler auf einfache Weise selbst erfahren lassen, dass flüssiges Wachs beim Abkühlen wieder zu festem Wachs erstarrt.

#### ► Aus der Praxis:

Folgende Unterrichtssituation zeigt, dass es für Grundschüler nicht unbedingt offensichtlich ist, dass Wachs sich verflüssigen lässt und wieder erstarren kann. In vielen Schülerversuchen werden Teelichter eingesetzt. In einer vorangegangenen Unterrichtsstunde tauchte ein Schüler seinen Finger in das flüssige Wachs und fragte: „Wieso ist da auf einmal Wasser und warum wird das auf meinem Finger plötzlich wieder hart?“

### Vertiefung/ Ergänzung

Vertiefend kann der Frage nachgegangen werden, was eigentlich bei einer Kerze brennt. In eindrucksvollen Versuchen kann den Schülern gezeigt werden, dass es ebenfalls die Wachsdämpfe sind. Zunächst wird die herkömmliche Auffassung, dass der Docht brennt, mittels Experiment überprüft.

### Materialien

pro Schüler/ Schülerpaar:

- Teelicht,
- Feueranzünder.

### Durchführung

Der Docht wird aus dem Teelicht gezogen und in das Teelichtgehäuse gestellt. Das Wachsstück legt man beiseite. Der Docht wird angezündet und beobachtet.

### Beobachtung und Auswertung

Der Docht brennt mit kleiner Flamme nach kurzer Zeit ab. Ein Teelicht brennt im Vergleich viel länger und mit größerer Flamme.

In dem folgend beschriebenen Demonstrationsexperiment kann gezeigt werden, dass die Wachsdämpfe bei einer Kerze brennen.

### Materialien

pro Klasse:

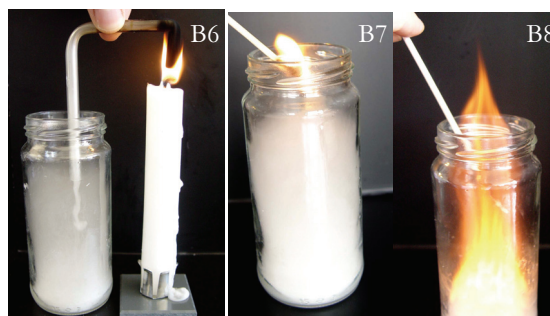
- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech),
- Haushaltskerze,
- Feueranzünder,
- U-förmig gebogenes Glasrohr,
- etwas höheres Glas (z.B. Einweckglas).

### Durchführung

Das eine Ende des gebogenen Glasrohres wird direkt in die Kerzenflamme gehalten. Das andere Ende reicht in das Glasgefäß. Nach einigen Sekunden sieht man, wie weiße Wachsdämpfe von der Flamme durch das Glasrohr in das Gefäß „fallen“ (Bild 6). Man leitet solange Wachsdämpfe in das Glas, bis es voll ist. Anschließend werden die Wachsdämpfe mit einem Span entzündet (Bilder 7 und 8).

### Beobachtung

Die Wachsdämpfe brennen von oben nach unten mit heller Flamme (Bild 8).





Dass es die Wachsdämpfe sind, die bei einer Kerze brennen, lässt sich mit einem einfachen Schülerexperiment untermauern.

#### Materialien

pro Schülerpaar:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Teller),
- Haushaltskerze,
- Feueranzünder und Holzspan bzw. Streichhölzer.

#### Durchführung

Eine brennende Kerze wird vorsichtig ausgepustet und ein brennender Span bzw. Streichholz sofort in die Nähe der aufsteigenden Wachsdämpfe gebracht (Bild 9).

#### Beobachtung und Auswertung

Die Wachsdämpfe entzünden sich. Die Flamme „springt“ auf den noch heißen Docht über und entzündet diesen (Bild 10).



#### Didaktisch-methodische Hinweise:

Informationen zu den Vorgängen beim Brennen einer Kerze erhalten die Kinder aus dem Text des Schülerblattes (siehe SB S. 63 „Ist Kerzenwachs brennbar?“, Aufgabe 2). Unter anderem erfahren die Schüler, dass die Kerzenflamme aus dem brennenden Wachsdampf besteht. Der Lehrer hat die Möglichkeit, daran anknüpfend zu verallgemeinern: Flammen bestehen aus brennenden Gasen/ Dämpfen.

#### Fachliche Hinweise:

Neben Rauch und Glut zählen Flammen zur äußeren Erscheinungsform der Verbrennung. Flammen sind brennende Gase, die dabei eine sichtbare Strahlung aussenden. Auch bei der Verbrennung von Holz entstehen beim Erhitzen zunächst gasförmige Stoffe (durch Zersetzung des Holzes), die beim Brennen als Flammen sichtbar werden. Wenn brennbare Stoffe beim Erhitzen keine Gase bilden, verglühen sie, wie z.B. Holzkohle.

Ein Kerzendocht dient zum Anzünden und zum Transport des flüssigen Wachses in die Flamme. Der Docht besteht aus mehreren dünnen Baumwollfäden, die miteinander verdreht sind. Die engen Röhrchen im Docht wirken als Kapillaren, in denen flüssiges Wachs aufsteigen kann. Durch den Docht können die Wachsdämpfe kontrolliert verbrennen. Man erzielt eine gewünschte Größe und Ausbreitung der Flamme.

## **Zu 4. Entzündungstemperatur als Voraussetzung für das Entstehen von Feuer**

Anhand unterschiedlicher Versuche zum Entzünden eines Streichholzes soll den Schülern verdeutlicht werden, dass ein Stoff erst dann anfängt zu brennen, wenn er auf seine Entzündungstemperatur gebracht wird.

### **1) Streichholz durch Reibung entzünden**

#### Materialien

pro Schülerpaar:

- Streichholzpackung mit Streichhölzern (Bild 1),
- feuerfeste Unterlage (z.B. Teller).



#### Durchführung

Ein Streichholz wird mit schneller Bewegung an der Reibfläche der Streichholzschachtel angerissen. Dabei soll das Streichholz vom Körper weg bewegt und anschließend waagrecht gehalten werden.

#### Beobachtung und Auswertung

Durch die schnelle Reibung entsteht am Streichholzkopf eine kleine Stichflamme und das Holz beginnt zu brennen.

### **Didaktisch-methodische Hinweise:**

Dass durch Reibung Wärme entsteht, können die Kinder durch Reiben ihrer Hände nachvollziehen.

### **Fachliche Hinweise:**

Der Zündkopf eines Streichholzes enthält neben anderen Stoffen z.B. Kaliumchlorat als Sauerstoffspender. Auf der Reibfläche der Streichholzschachtel befindet sich u.a. roter Phosphor. Streicht man mit dem Zündholzkopf über die Reibfläche, so wird etwas roter Phosphor losgerissen. Es entsteht eine kleine Menge eines äußerst reaktiven Gemisches aus Kaliumchlorat und rotem Phosphor. Außerdem entsteht dabei so viel Reibungswärme (ca. 60 °C), dass sich dieses Gemisch entzündet.

Für das Entzünden eines Streichholzkopfes ohne Zusammenwirkung mit der Reibfläche ist eine höhere Temperatur notwendig (ca. 160 °C bis 220 °C). Diese bewirkt eine Zersetzung von Kaliumchlorat und Kaliumnitrat. Dabei wird Sauerstoff freigesetzt, der mit anderen im Streichholzkopf enthaltenen Stoffen reagiert und dann das Holz entzündet [PROF. BLUMES BILDUNGSSERVER FÜR CHEMIE].

Mithilfe weiterer Versuche kann den Schülern nun veranschaulicht werden, dass sich das Streichholz immer dann entzündet, wenn eine bestimmte Temperatur, die Entzündungstemperatur, erreicht wird. Dazu werden unterschiedliche Wärmequellen eingesetzt. Entscheidend und für die Schüler sehr eindrucksvoll bei diesen Experimenten ist, dass der Streichholzkopf dabei nicht in eine offene Flamme gehalten wird, sondern sich selbstständig an der Luft entzündet.

### **Streichholz auf einer Alufolie über einem Teelicht entzünden**

#### **Materialien (Variante a)**

pro Schülerpaar/ Gruppe:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Teller),
- Streichhölzer,
- Teelicht,
- Feueranzünder,
- Rinne aus Alufolie (ca. 10 cm langes, doppelt gelegtes Stück Alufolie zu einer Rinne falten).

#### **Materialien (Variante b)**

pro Schülerpaar/ Gruppe:

- siehe Variante a), statt Alurinne jedoch eine Stativbrücke mit einem Stück Alufolie.

#### **Durchführung (Variante a und b)**

Der Zündkopf des Streichholzes wird abgebrochen und in der Alurinne bzw. auf der Stativbrücke über einem brennenden Teelicht erhitzt (Bilder 2 und 3). Der Abstand zum Teelicht sollte nicht zu hoch sein.

#### **Beobachtung (Variante a und b)**

Nach wenigen Sekunden entzündet sich der Streichholzkopf (Bilder 4 und 5).



### **Streichholz mit Lupe und Sonnenstrahlen entzünden**

Der Versuch kann als Wiederholung aus der UE 1 „Forschen und Beobachten“ (vgl. Kap. 5.1.3., S. 49) durchgeführt werden.

#### **Materialien**

pro Klasse:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Teller),
- Streichhölzer,
- Lupe mit größerem Durchmesser (z.B. Leselupe aus dem Drogeriemarkt).



### Durchführung

Für den Versuch benötigt man Sonnenschein. Das Streichholz wird auf eine feuerfeste Unterlage gelegt. Beides wird mit einer Hand festgehalten (Bild 6). Die Lupe wird mit der anderen Hand so zum Streichholz positioniert, dass sich der Zündholzkopf genau im Brennpunkt befindet (Bild 7).

### Beobachtung

Nach kurzer Zeit entzündet sich der Streichholzkopf (Bild 8).



### **Streichholz über einem Toaster entzünden**

#### Materialien

pro Klasse:

- Streichhölzer (längere „Weihnachtsstreichhölzer“, Bild 9),
- ausrangierter Toaster.



#### Durchführung

Der Toaster wird auf eine möglichst lange Heizstufe gestellt und zum Starten gebracht. Das Streichholz wird dicht über den Toaster gehalten, so dass sich der Streichholzkopf in der heißen Luft erhitzt (Bild 10). (Ist die Heizzeit nicht ausreichend, muss der Toaster nochmals gestartet werden.)

#### Beobachtung

Nach einigen Minuten entzündet sich der Zündholzkopf (Bild 11).



### **Fachliche Hinweise:**

Feuer kann auf zwei Arten entfacht werden. Zum einen kann der brennbare Stoff in Gegenwart von Luft (Sauerstoff) bis auf die Entzündungstemperatur des jeweiligen Brennstoffs erhitzt werden, so dass dieser sich von selbst entzündet. Als zweite Möglichkeit kann der brennbare Stoff mit einem Funken oder einer Flamme gezündet werden. Wenn die Temperatur des Brennstoffs und die der umgebenden Luft (des Sauerstoffs) über dem jeweiligen Flammpunkt liegen, fängt der Stoff Feuer.

Die Entzündungstemperatur ist von verschiedenen Faktoren abhängig, z.B. von der Art des Brennstoffs, von der Konzentration des Brennstoffs, vom Druck und vom Zerteilungsgrad. Je fein verteilter ein Brennstoff ist, desto niedriger ist seine Entzündungstemperatur, desto leichter ist er entzündbar.

## Zu 5. Brandschutzregeln (Sicherheitserziehung)

### Einige Brandschutzregeln im Haushalt

- Brennbare Stoffe sollten nicht in die Nähe von heißen Gegenständen (z.B. Herdplatte) gebracht werden.
- Heiße Asche darf auf keinen Fall in brennbare Behälter gefüllt werden.
- Offene Flammen (z.B. brennende Kerzen) sollte man nie unbeaufsichtigt im Raum lassen.
- Das Entweichen von Dämpfen brennbarer Flüssigkeiten (z.B. Spiritus, Benzin) in geschlossenen Räumen soll vermieden werden. Vorratsbehälter sind immer wieder zu verschließen.
- Beim Braten dürfen Fette und Öle nie überhitzt werden.

### Didaktisch-methodische Hinweise:

Im Zusammenhang mit der im Vorfeld behandelten Brennbarkeit und Leichtentzündlichkeit von flüssigen Stoffen kann auf die Gefahr von Grillunfällen Bezug genommen werden. Folgender Zeitungsartikel berichtet von den verheerenden Folgen eines falschen Umgangs mit Spiritus als Brandbeschleuniger.

#### *„Sieben Dresdner Studenten bei Grillunfall verletzt*

*Bei einem Grillunfall wurden am Mittwochabend in Dresden sieben Menschen zum Teil schwer verletzt. Ein 22-Jähriger hatte den Brennspritus auf die glühende Grillkohle gegossen, worauf sich dieser entzündete und zu einer Stichflamme führte.*

Bei einem Grillunfall wurden am Mittwochabend in Dresden sieben Menschen zum Teil schwer verletzt. Wie die Polizei mitteilte, erlitten die 22 bis 25 Jahre alten Studenten der Technischen Universität durch eine durch Brennspritus verursachte Stichflamme erhebliche Verbrennungen. Bei zwei Teilnehmern der Grillparty waren die Verletzungen schwer. Die sechs Männer und die Frau wurden in Krankenhäuser gebracht. Ein 22-Jähriger hatte den Brennspritus auf die glühende Grillkohle gegossen, worauf sich dieser entzündete und zu der Stichflamme führte. Gegen ihn ermittelt die Polizei wegen fahrlässiger Körperverletzung.

Experten warnen immer wieder vor Verletzungsgefahren durch Grillen. Bundesweit kommt es nach Angaben der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (DGV) jedes Jahr zu 2000 bis 3000 Grillunfällen, etwa 500 Patienten haben schwere Verbrennungen mit bleibenden Schäden. Die Experten raten daher, auf flüssige Brandbeschleuniger, aber auch auf gelartige Grillpasten zu verzichten.

*Veröffentlicht am 05.07.2007 12:00 Uhr/ Zuletzt aktualisiert am 06.07.2007 01:51 Uhr“*

[<http://www.aller-zeitung.de/newsroom/weltimspiegel/zentral/weltimspiegel/art699,76550>]

## 2. Doppelstunde


### Lerninhalte/ Lernziele:


#### 1) Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer

Die Schüler sollen

- anhand eines Experimentes zeigen können, dass neben einem Brennstoff auch Luft zum Brennen benötigt wird,
- wissen, dass für das Entstehen von Feuer folgende drei Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sein müssen: Vorhandensein eines Brennstoffs, Erreichen der Entzündungstemperatur des jeweiligen Brennstoffs, Anwesenheit von Luft (Verbrennungsdreieck).

**Wichtige Vorkenntnisse:** Luft ist ein Stoff, der existiert.

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Wiederholung</b>	<u>Anknüpfen an die vorangegangene Doppelstunde:</u> Vorhandensein eines Brennstoffs und Erreichen seiner Entzündungstemperatur als Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer	
<b>2. Luft als Voraussetzung für das Entstehen von Feuer</b>  2.1. Problemgewinnung  <u>Problemfrage:</u> „Warum hilft Pusten oder Wedeln, wenn das Feuer nicht richtig in Gang kommt?“  2.2. Aufstellen von Vermutungen	- Zurückgreifen auf Schülervorschläge: „Was braucht man alles, um ein Feuer zu machen?“ oder - forschend-entwickelnd:  <u>L-Impuls:</u> „Wir haben den Brennstoff, z.B. Holz oder Grillkohle, bereits entzündet, aber das Feuer kommt nicht richtig in Gang. Was tun?“ - Anknüpfen an Alltagserfahrungen, z.B. Entfachen eines Grillfeuers <b>► Aus der Praxis:</b> häufigste Schüleridee: „Man muss pusten bzw. wedeln.“ - L zeigt im Experiment, dass Grillkohle durch Pusten stärker glüht und formuliert die Problemfrage.  <u>UG:</u> - S äußern ihre Vermutungen, - Ordnen und Festhalten der Schülervermutungen durch den L, <b>► Aus der Praxis:</b> <u>Schülervermutungen</u> a) „Das Feuer breitet sich aus/ verteilt sich über den Brennstoff/ wird an den Brennstoff rangedrückt.“ b) „Wir haben ja auch Wärme im Mund und wenn wir sie auspusten, dann bekommt das Feuer auch Wärme und wird größer.“ c) „Weil das Feuer/ die Kohle Luft (Sauerstoff) braucht. Durch Pusten kommt mehr Luft (Sauerstoff) ran.“	Übersicht, siehe 1. Doppelstunde, Unterrichtsabschnitt „2. Aufstellen von Vermutungen“  <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">LDE</span>  </div>

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
Überprüfen der Vermutungen b) und c) mittels Experiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diskutieren der Vermutungen,</li> <li>- S suchen nach Möglichkeiten einer experimentellen Überprüfung. (Vermutung a kann nur diskutiert werden.)</li> </ul>	
2.3. Durchführen von Experimenten *	<u>Zu b):</u> Zimmerluft und kalte Luft über heißer Grillkohle ausströmen lassen <u>Zu c):</u> S planen anhand vorgegebener Materialien ein Experiment und führen es nach Absprache mit dem L durch.	LDE mit ST  SE (GA) <i>SB S. 64 „Was tun, wenn das Feuer nicht richtig in Gang kommt?“, Aufgaben 1 - 3</i>
2.4. Überprüfen der Vermutungen mithilfe der Beobachtungsergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bestätigen der Vermutung c) am Beispiel der Kerze (Je mehr Luft eine Kerze zur Verfügung hat, desto länger brennt sie.)</li> <li>- Durchführen von Experimenten mit anderen Brennstoffen, um eine allgemeine Aussage treffen zu können: „Brennstoffe benötigen zum Brennen Luft (Sauerstoff).“</li> </ul>	SE (GA): Verbrennen von Streichhölzern und Papier im offenen Raum und unter einem Glas
<u>Problemlösung</u>		
2.5. Wissenssicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusammenfassen/ Festhalten der neuen Erkenntnis</li> <li>- S tragen „Luft (Sauerstoff)“ in das Verbrennungsdreieck auf dem SB ein.</li> </ul> <u>Anwendungsbeispiele:</u> Luftzufuhr beim Kamin, Ofen, Räuchermännchen, Stövchen, Windlicht  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rückkopplung zur Ausgangsfrage „Was braucht man alles, um ein Feuer zu machen?“:              Um das Lager- bzw. Grillfeuer anzufachen, sind Hilfsmittel für eine Luftzufuhr sinnvoll, z.B. Blasebalg, Heißluftpistole.</li> </ul>	<i>SB S. 66 „Was braucht man alles, um ein Feuer zu machen?“, Aufgabe 1</i>
<b>3. Zusammenfassung zum Verbrennungsdreieck</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herausstellen, dass die drei Voraussetzungen (Brennstoff, Entzündungstemperatur, Luft) gleichzeitig erfüllt sein müssen</li> </ul>	

## Zu 2.1. Problemgewinnung

### Materialien (Variante a)

pro Klasse:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, Metalltablett oder alte Pfanne mit Sand),
- Tiegelzange oder Holzwäscheklammer zum Halten der Grillkohle,
- Haushaltskerze,
- Feueranzünder,
- kleine Stücke Grillkohle.

### Materialien (Variante b)

pro Klasse:

- siehe Variante a), statt Haushaltskerze und Feueranzünder: Dreifuß mit Drahtnetz und Mikroflam-Brenner (Bild 1, in Lehrmittelkatalogen erhältlich oder z.B. bei CONRAD Electronic).

### Durchführung (Variante a)

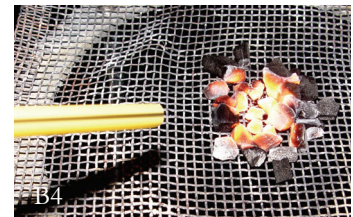
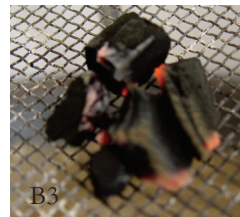
Ein Stück Grillkohle wird in der Kerzenflamme zum Glühen gebracht. Anschließend nimmt man es aus der Flamme heraus und pustet es an.

### Durchführung (Variante b)

Kleine Grillkohlestücke werden auf einem Drahtnetz mithilfe eines Mikrobrenners zum Glühen gebracht (Bild 2). Nach Ausschalten des Brenners pustet man die Grillkohle an, z.B. mit einem Trinkhalm (Bild 4).

### Beobachtung (Variante a und b)

Durch das Erhitzen beginnt die Kohle zu glühen. Bei Unterbrechung der Wärmezufuhr wird das Glühen weniger (Bild 3). Durch Pusten verstärkt sich das Glühen wieder (Bild 4).



## Zu 2.3. Durchführen von Experimenten

Zu Vermutung b) „Wir haben ja auch Wärme im Mund und wenn wir sie auspusten, dann bekommt das Feuer auch Wärme und wird größer.“

Mittels Experiment sollen die Schüler erkennen, dass auch kalte Luft bzw. Luft bei Raumtemperatur das Feuer anfacht.

### Materialien

pro Klasse:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, Metalltablett oder alte Pfanne mit Sand),
- Dreifuß mit Drahtnetz,
- Mikroflam-Brenner,
- kleine Stücke Grillkohle,
- Blasebalg oder Luftballonpumpe (Bild 1),
- Luftballon mit Verschlussclip oder Wäscheklammer.

### Durchführung

a) Die Grillkohle wird auf dem Drahtnetz mithilfe des Mikrobrenners zum Glühen gebracht. Nach Ausschalten des Brenners wird mit dem Blasebalg oder der Luftballonpumpe Zimmerluft (Raumtemperatur) über die Kohle geleitet.

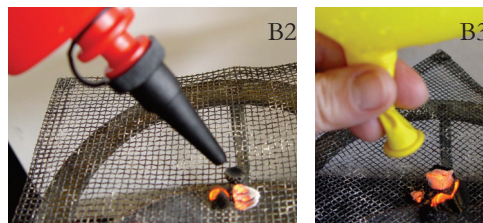
b) Ein Luftballon wird mit einem Blasebalg oder einer Luftballonpumpe aufgepustet und mit dem Verschlussclip oder einer Wäscheklammer verschlossen. Die Luft im Ballon soll abgekühlt werden. Dazu kann der Ballon z.B. kurze Zeit unter kaltes Wasser gehalten werden. Anschließend öffnet man den Ballon und lässt die kalte Luft über die Grillkohle strömen.





### Beobachtung und Auswertung

Wird über die Kohlestücken kalte Luft bzw. Luft mit Raumtemperatur geleitet, glühen diese stärker auf (Bilder 2 und 3). Die Glut lässt sich auch mithilfe eines kühleren bzw. kalten Luftstromes anfeuern. Demzufolge wird das Feuer beim Pusten mit dem Mund nicht durch die Körperwärme angefacht.



Zu Vermutung c) „Weil das Feuer/ die Kohle Luft (Sauerstoff) braucht. Durch Pusten kommt mehr Luft (Sauerstoff) ran.“

Die Vermutung soll zunächst am Beispiel der Kerze bestätigt werden. Die Schüler erhalten die Aufgabe, mithilfe der zur Verfügung gestellten Materialien ein Experiment zu planen, es nach Rücksprache mit dem Lehrer durchzuführen und auszuwerten, siehe SB S. 64 „Was tun, wenn das Feuer nicht richtig in Gang kommt?“, Aufgaben 1 bis 3.

### Materialien

pro Gruppe:

- feuerfeste Unterlage,
- 3 Teelichter und 3 unterschiedlich große Gläser (Bild 4),
- Feueranzünder.



### Durchführung

#### ► Aus der Praxis:

Mithilfe der zur Verfügung stehenden Materialien gelang es allen Schülergruppen in der Unterrichtserprobung ein Experiment zu planen und selbstständig durchzuführen. Folgende zwei Versuchsvarianten wurden von den Schülern durchgeführt.

- a) Die drei unterschiedlich großen Gläser wurden gleichzeitig über jeweils ein brennendes Teelicht gestülpt. Die Brenndauer der Kerzen konnte beim Beobachten direkt verglichen werden.
- b) Die drei unterschiedlich großen Gläser wurden nacheinander über ein brennendes Teelicht gestülpt. Ein Schüler der Gruppe stoppte mit seiner Armbanduhr die Zeit. Ein weiterer Schüler hielt die Messergebnisse fest. Anschließend wurden die Brennzeiten miteinander verglichen.

### Beobachtung und Auswertung

Die Kerzen brennen unterschiedlich lang. Je größer das übergestülpte Glas ist, desto mehr Luft (Sauerstoff) befindet sich darin und desto länger kann die Kerze brennen. Eine Kerze benötigt zum Brennen Luft (Sauerstoff).

#### ► Aus der Praxis:

Vielen Schülern fiel es schwer, mit eigenen Worten die Beobachtungen zusammenfassend zu beschreiben und zu erklären. Aus diesem Grund wurden vom Lehrer individuell Impulse gegeben, z.B.:

- a) L: „Nutzt den Ausdruck: Je ..., desto ...!“,
- b) Den Schülern wurde ein Lückentext gereicht, den sie ergänzen und auf das Schülerblatt kleben sollten. „Die Kerzen brennen unterschiedlich *lang*. Je größer das Glas ist, desto mehr *Luft* befindet sich darin und desto *länger* brennt die Kerze.“.

Um die Erkenntnis zu verallgemeinern, kann in weiteren Schülerversuchen überprüft werden, ob die Brennstoffe Holz und Papier ebenfalls Luft (Sauerstoff) zum Brennen benötigen.

### Materialien

pro Gruppe:

- feuerfeste Unterlage,
- Streichhölzer,
- Feueranzünder,
- kleine Stücke Papier (z.B. Zeitungspapier),
- 2 Teelichtgehäuse (als Verbrennungsgefäß),
- 1 Glas (nicht zu groß, z.B. 0,2 l Trinkglas, Bild 5).



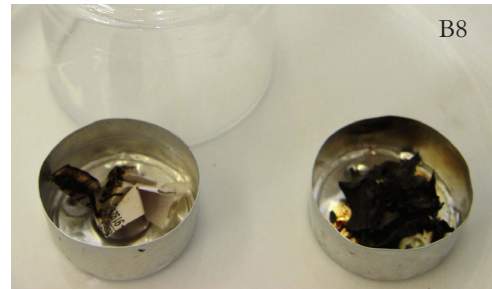
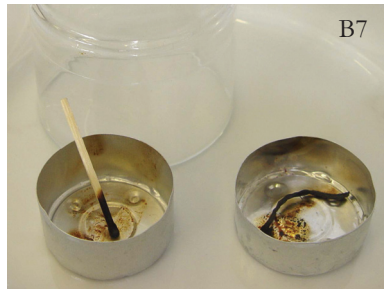
### Durchführung

a) Zwei Streichhölzer werden gleichzeitig oder nacheinander entzündet und schräg mit der Flamme nach unten in jeweils ein Teelichtgehäuse gelegt. Über ein Streichholz wird zügig das Glas gestülpt (Bild 6). Das andere brennt im offenen Raum.

b) Analog werden zwei möglichst gleich große Papierstücke gleichzeitig oder nacheinander angezündet. Dazu wird das Papier zuerst etwas geknüllt und in das Teelichtgehäuse gelegt. Dann wird es mit dem Feueranzünder angezündet. Über das eine Stück Papier wird zügig das Glas gestülpt. Das zweite Papier brennt im offenen Raum.

### Beobachtung und Auswertung

Streichholz und Papier brennen unter dem Glas nur kurze Zeit und erlöschen dann (Bild 6). Im offenen Raum steht ausreichend Luft (Sauerstoff) zur Verfügung, so dass Streichholz und Papier vollständig verbrennen können (Bilder 7 und 8, jeweils rechts).



### 3. Doppelstunde

#### Lerninhalte/ Lernziele:

#### 2) Einfluss des Zerteilungsgrades eines Brennstoffs auf das Entstehen von Feuer

Die Schüler sollen

- erfahren, dass sich fein verteilte Brennstoffe aufgrund der besseren Durchmischung (Berührung) mit Luft leichter entzünden.


#### 3) Methoden der Brandbekämpfung (Sicherheitserziehung)




Die Schüler sollen

- die drei allgemeinen Maßnahmen der Brandkämpfung kennen (Entfernen des brennbaren Stoffes, Abkühlen unter die Entzündungstemperatur, Unterbrechen der Luftzufuhr),
- aus den Kenntnissen zum Verbrennungsdreieck die Wirkung der drei allgemeinen Löschmethoden ableiten können,
- wissen, dass beim Löschen mit Wasser der Brennstoff unter seine Entzündungstemperatur abgekühlt wird und das Feuer deshalb erlischt,
- an einem modellhaften Experiment den Kohlendioxid-Feuerlöscher kennen lernen und seine Wirkungsweise anhand der besonderen Stoffeigenschaften von Kohlendioxid (erstickende Wirkung, „schwerer“ als Luft) erklären können.

#### Wichtige Vorkenntnisse:

- Voraussetzungen für das Entstehen von Feuer (Verbrennungsdreieck),
- Kohlendioxid als gasförmiger Stoff mit besonderen Eigenschaften.

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Wiederholung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S lösen Aufgaben auf dem SB.</li> <li>- Kontrolle der gelösten Aufgaben mithilfe von Versuchen</li> </ul>	<i>SB S. 65 „Denkaufgabe“, Aufgaben 1 - 3</i> LDE mit ST
<b>2. Bedeutung des Zerteilungsgrades</b> 2.1. Problemgewinnung	forschend-entwickelnd:  <u>Anknüpfen an die Ausgangsfrage „Was braucht man alles, um ein Feuer zu machen?“:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- UG am Demonstrationstisch,</li> <li>- L-Impuls: „Alle notwendigen Materialien für ein Lagerfeuer liegen bereit. Wie geht man vor, um das Feuer anzuzünden?“,</li> <li>- S sollen anhand der Materialien zeigen und beschreiben, wie sie das Lagerfeuer vorbereiten und anzünden würden,</li> </ul> <p>► <b>Aus der Praxis:</b>            Einige Schüler bauten aus den großen Holzscheiten ein „Indianerzelt“. Kleinere Äste wurden innen und dazwischen aufgestellt. Die Späne verteilten die Schüler in der Mitte des „Zeltes“. Andere Schüler formierten alle Holzstücke durcheinander zu einem lockeren Haufen. Einig waren sich die Schüler darin, zunächst die Späne bzw. die kleinen dünnen Holzstücke anzuzünden.</p>	Materialien liegen auf einer feuerfesten Unterlage (z.B. alte Pfanne mit Sand) zur Anschauung/ Demonstration bereit: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Holz in unterschiedlicher Form (große kompakte und feine Scheite, Späne),</li> <li>- Streichhölzer/ Feueranzünder,</li> <li>- Blasebalg, Heißluftpistole.</li> </ul> <p>„Indianerzelt“:</p> 

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p><u>Problemfrage:</u> „Warum lässt sich ein Lagerfeuer besonders gut mithilfe eines ‚Indianerzeltes‘ entfachen?“</p> <p>Antwortsuche mittels Experiment</p> <p>2.2. Durchführen von Experimenten *</p> <p>2.3. Beantworten der Problemfrage mithilfe der Beobachtungsergebnisse <u>Problemlösung</u></p> <p>2.4. Wissenssicherung *</p>	<p>- Diskutieren der S-Vorschläge, - Problematisieren durch den L: „Welche Vorteile hat ein ‚Indianerzelt?“, „Warum nimmt man zum Anzünden besser kleine, feine Holzstückchen statt große Scheite?“</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b> Die Erklärungen der Schüler gingen über ein „dann geht es besser“ nicht hinaus. Deshalb dienen die nachfolgenden Versuche nicht der Überprüfung von Hypothesen, sondern einer Antwortsuche bzw. „ein in Erfahrung bringen“.</p> <p>- S sollen anhand von Versuchen erkennen, dass brennbare Stoffe mit einem hohen Zerteilungsgrad sich aufgrund der besseren Durchmischung mit Luft leichter entzünden lassen.</p> <p><u>Vorteile eines ‚Indianerzeltes‘ mit unterschiedlich großen Holzstücken:</u> Fein verteiltes Holz fängt schnell Feuer. Durch die dabei frei werdende Wärme können sich auch die dicken Holzscheite entzünden. Diese halten das Feuer lange Zeit in Gang. Die Frischluft erreicht den Brennstoff Holz gleichzeitig an vielen Stellen.</p> <p><u>Anwendung:</u> - Entzünden von fein zerstäubtem Lampenöl, - „Funkenregen“ durch ätherische Öle aus Orangenschalen.</p>	<p>LDE Holz in unterschiedlicher Form (große kompakte und feine Scheite, Späne), Notizblock</p>  <p>„Indianerzelt“:</p>  <p>LDE Lampenöl in einer Flasche mit Zerstäuber</p>  <p>SE (EA/ PA) Orangenschalen SB S. 66 „Was braucht man alles, um ein Feuer zu machen?“, Aufgabe 2</p>
<p><b>3. Feuer löschen</b> 3.1. Einstieg</p>	<p><u>L-Impuls:</u> „Feuer stellt auch immer eine Gefahr dar. Deshalb ist es wichtig, Löschmöglichkeiten zu kennen.“</p> <p>- Anknüpfen an die Ausgangsfrage „Was braucht man alles, um ein Feuer zu machen?“, mögliches Zurückgreifen auf Schülervorschläge</p> <p>► <b>Aus der Praxis:</b> „Steine, damit das Feuer sich nicht ausbreitet.“ „Wasser zum Ausmachen.“</p>	<p>Übersicht, siehe 1. Doppelstunde, Unterrichtsabschnitt „2. Aufstellen von Vermutungen“</p>

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
3.2. Erproben unterschiedlicher Löschmöglichkeiten *	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S nennen ihnen bekannte Löschmöglichkeiten, die nacheinander erprobt werden. (ggf. Steuerung durch L)</li> <li>- Erklären der Beobachtungen durch Anwenden der Kenntnisse zum Verbrennungsdreieck</li> </ul>	LDE mit ST Wasser, Sand, feuerfeste Abdeckung, Löschhütchen, Löschdecke
3.3. „Warum ist Wasser so ein gutes Löschmittel?“ *	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufwerfen der Frage durch L oder S</li> <li>- Erhitzen von Wasser in Gefäßen aus Papier/ Pappe, um Kühlungseffekt von Wasser zu demonstrieren</li> </ul>	LDE, SE (GA) <i>SB S. 67 „Warum ist Wasser so ein gutes Löschmittel?“, Aufgabe 1</i>
3.4. Kohlendioxid-Feuerlöscher *	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wiederholen der Stoffeigenschaften von Kohlendioxid</li> <li>- Nutzen der Eigenschaften von Kohlendioxid zum Feuerlöschen</li> </ul>	LDE mit ST: Seifenblase auf Kohlendioxid schweben lassen LDE mit ST: Modellversuch zum Kohlendioxid-Feuerlöscher
3.5. Zusammenfassung	<p><u>Löschmethoden als Schlussfolgerung aus dem Verbrennungsdreieck:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausschalten von mindestens einer der drei Bedingungen für das Entstehen von Feuer,</li> <li>- S lesen Informationstext.</li> </ul> <p><u>Anwendung:</u> S sollen geeignete Löschmöglichkeiten für unterschiedliche Brände aufzeigen.</p>	<p><i>SB S. 68 „Wie löscht man Feuer?“, Aufgabe 1</i></p> <p><i>SB S. 68, Aufgabe 2</i></p>



## Zu 2.2. Durchführen von Experimenten

Zunächst soll den Schülern gezeigt werden, dass sich Holz umso besser entzünden lässt, je feiner zerteilt es ist. Um den Schülern die bessere Durchmischung (Berührung) von Brennstoff und Luft als Erklärung für dieses Phänomen zu veranschaulichen, wird ein weiterer Versuch durchgeführt. Es wird versucht, einen Notizblock in kompakter und anschließend in aufgefächerter Form anzuzünden.

### Materialien

pro Klasse:

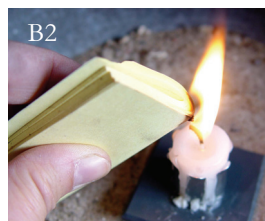
- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, alte Pfanne mit Sand),
- Holz in unterschiedlicher Form (Bild 1): große kompakte und kleine dünne Scheite, Holzspäne (z.B. aus der Tierhandlung),
- Notizblock,
- Teelichtgehäuse (Verbrennungsgefäß für die Späne),
- Feueranzünder,
- eventuell Tiegelzange oder Reagenzglasklammer bzw. Holzwäscheklammer,
- Löschmöglichkeit (Gefäß mit Wasser).



### Durchführung

a) Unterschiedlich große Holzstücke werden in eine Kerzenflamme gehalten. Die Holzspäne können locker in ein Teelichtgehäuse geschichtet und angezündet werden.

b) Ein Notizblock wird zu einer kompakten Form zusammen gefaltet und in eine Kerzenflamme gehalten (Bild 2). Anschließend wird dieser Notizblock aufgefächert und erneut versucht, ihn anzuzünden (Bild 3).



### Beobachtung

Zu a) Je fein zerteilter das Holz ist, desto leichter lässt es sich anzünden und brennt.

Zu b) In kompakter Form lässt sich der Notizblock nicht bzw. nur schwer anzünden. In aufgefächelter Form fängt das Papier sofort Feuer.

## Zu 2.4. Wissenssicherung

Die Erkenntnis, dass der Zerteilungsgrad von Brennstoffen einen Einfluss auf die Entstehung von Feuer hat, können die Schüler nun am Beispiel des Lampenöls anwenden. Die dafür notwendige Wissensgrundlage, dass flüssiges Lampenöl brennbar ist, jedoch erst erhitzt werden muss, bis es sich entzündet, wurde bereits in der ersten Doppelstunde dieser Unterrichtseinheit vermittelt. Gegebenfalls kann der Versuch wiederholt werden.

### Materialien

pro Klasse:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, alte Pfanne mit Sand),
- Kerze,
- Feueranzünder,
- Lampenöl in einer Flasche mit Zerstäuber (z.B. mittels Trichter in eine leere Parfümflasche füllen, Bild 1),
- Schutzhandschuhe,
- Schutzbrille.



B1

### Durchführung

Etwas Lampenöl wird in eine Kerzenflamme gesprüht (Bild 2). Achtung! Es dürfen keine brennbaren Gegenstände in unmittelbarer Umgebung sein.

### Beobachtung und Auswertung

Über der Kerzenflamme erscheint eine große Stichflamme (Bild 2). Durch den Zerstäuber gelangt flüssiges Lampenöl in Form vieler winzig kleiner Flüssigkeitströpfchen in die Kerzenflamme. Diese verdampfen augenblicklich und entzünden sich. Der hohe Zerteilungsgrad des Öls bewirkt ein schnelles Verdampfen und Entzünden.



### Fachliche Hinweise:

Bei einer Öllampe ragt ein Docht in das flüssige Lampenöl. Das Lampenöl steigt im Docht hoch und verteilt sich so auf einer größeren Oberfläche. Dadurch erreicht man eine Feinverteilung des Brennstoffes. Das Öl kann leichter verdampfen und verbrennen.

### Ergänzung

Eine Orangenschale wird dicht vor eine Kerzenflamme gehalten und zusammengedrückt. Ein „Funkenregen“ entsteht (Bild 3). Orangen enthalten wie andere Zitrusfrüchte brennbare ätherische Öle in ihrer Schale. In feinst verteilter Form verdampfen sie schneller und lassen sich in einer Flamme entzünden.



## Zu 3.2. Erproben unterschiedlicher Löschmethoden

### Materialien

pro Klasse:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, Metalltablett),
- mehrere Teelichter und/ oder Porzellan-schale mit Küchenpapier (Bild 1),
- Feueranzünder,
- Kannchen Wasser, Sand, feuerfeste Abdeckung (z.B. Teller, Metalltablett), Löschhütchen, „Löschdecke“ (z.B. feuchtes Handtuch) als Löschmittel (Bild 2).



### Durchführung

Ein brennendes Teelicht bzw. ein brennendes Küchenpapier wird jeweils mit unterschiedlichen Hilfsmitteln gelöscht (siehe Materialien). Achtung! Bei Einsatz einer feuerfesten Abdeckung oder einer „Löschdecke“ müssen die Flammen einige Zeit lang bedeckt bleiben. Es sollte auch darauf geachtet werden, dass der Brandherd vollständig abgeschlossen wird.

### Beobachtung und Auswertung

Die Kerzenflamme bzw. der Papierbrand erlischt jeweils. Sand, Löschhütchen, feuerfeste Abdeckung und Löschdecke verhindern eine weitere Luftzufuhr. Dadurch erstickt das Feuer. Wasser löscht auf zweierlei Art: Bedeckt es die Flammen, so wird die Luftzufuhr unterbrochen. Außerdem kühlt es den brennbaren Stoff unter seine Entzündungstemperatur ab.

### Didaktisch-methodische Hinweise:

Der Kühlungseffekt von Wasser kann mit dem sich anschließenden Schülerexperiment demonstriert werden.

### Zu 3.3. „Warum ist Wasser so ein gutes Löschmittel?“

#### Materialien (Variante a)

pro Klasse/ Gruppe:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, Metalltablett), Behälter mit Wasser zum Ablöschen,
- Kerze,
- Feueranzünder,
- Tiegelzange, Reagenzglasklammer oder Wäscheklammer,
- etwas stärkere (100 g) A4-Blätter zum Falten einer Papiertüte,
- Schere,
- (Thermometer).

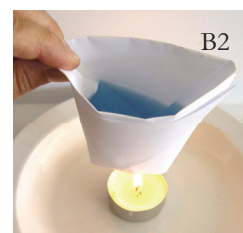
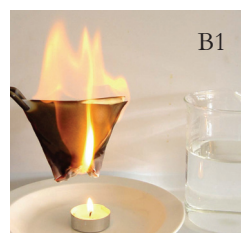
#### Materialien (Variante b)

pro Klasse/ Gruppe:

- siehe Variante a), statt Papiertüte: Muffin-Packungen oder Pappbecher und Stativbrücke.

#### Durchführung (Variante a)

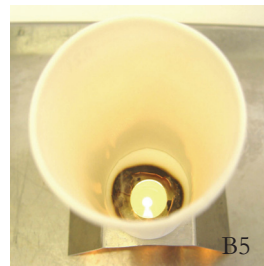
Nach der Anleitung auf dem SB werden zwei Papiertüten gefaltet. Eine Papiertüte wird über eine brennende Kerze gehalten (Bild 1). Dieser Versuch sollte als LDE durchgeführt werden. Anschließend wird die zweite Papiertüte zu ca. einem Drittel mit Wasser gefüllt und erneut über die brennende Kerze gehalten (Bild 2). Die Temperatur des Wassers kann



nach einiger Zeit mit dem Finger geprüft oder mit einem Thermometer gemessen werden. Im Vorfeld sollte das Papier auf Wasserdurchlässigkeit getestet werden. Gegebenenfalls müssen für eine Papiertüte zwei Blatt Papier übereinander gelegt werden.

#### Durchführung (Variante b)

Eine Muffin-Packung bzw. ein Pappbecher wird auf eine Stativbrücke über brennendes Teelicht gestellt (Bilder 3 und 5). Die Höhe der Stativbrücke sollte so eingestellt werden, dass der Abstand zwischen Muffin-Packung/ Pappbecher und Kerzenflamme nicht zu hoch ist. Anschließend wird der Versuch wiederholt, wobei die Muffin-Packung bzw. der Pappbecher zu ca. einem Drittel mit Wasser gefüllt wird (Bilder 4 und 6). Die Wassertemperatur kann erfühlt oder gemessen werden.



#### Beobachtung und Auswertung (Variante a und b)

Ohne Wasser entzündet sich das Papier bzw. die Pappe und brennt (Bilder 1, 3 und 5). Befindet sich in den Behältern jedoch Wasser, so entzündet sich das Papier bzw. die Pappe nicht (Bilder 2, 4 und 6). Denn Wasser kühlt, so dass die Entzündungstemperatur der Brennstoffe nicht erreicht wird. Das Wasser selbst erwärmt sich. Aus diesem Grund wird Wasser häufig als Löschmittel eingesetzt. Auch feuchte Gegenstände fangen schlecht oder gar nicht Feuer, z.B. nasses Holz. Nasse Decken benutzt man, um aus brennenden Häusern zu entkommen.

### Fachliche Hinweise:

Nicht alle Brände lassen sich mit Wasser löschen, z.B. Benzin-, Öl- oder Fettbrände. Da sich diese Stoffe nicht mit Wasser mischen lassen und eine geringere Dichte besitzen, schwimmen sie auf dem Wasser und brennen weiter. Ein Löschversuch mit Wasser kann sogar zu einer Ausbreitung des Brandes führen. Das Wasser sinkt zunächst und verdampft dann schlagartig durch die starke Hitze. Bei der explosionsartigen Verdampfung vergrößert sich das Volumen des Wassers um das ca. 1700-fache und reißt dabei das brennende Benzin, Öl oder Fett in feinsten Form mit. Ein großer „Feuerball“ entsteht. Benzin-, Öl- oder Fettbrände müssen daher durch Ersticken gelöscht werden. Ein Fettbrand in der Pfanne kann beispielsweise durch Abdecken mit einem Deckel erstickt werden.

### Didaktisch-methodische Hinweise:

Dass ein Löschversuch mit Wasser sogar zur Ausbreitung eines Fettbrandes führt, kann den Schülern in einem Film unter <http://www.netexperimente.de> gezeigt werden.

## Zu 3.4. „Kohlendioxid-Feuerlöscher“

Kohlendioxid findet aufgrund seiner erstickenden Wirkung und seiner größeren Dichte als Luft (Sauerstoff) in Feuerlöschern Verwendung. Zur Wiederholung dieser Stoffeigenschaften kann folgender Versuch durchgeführt werden.

### Materialien

pro Klasse:

- 2 größere Einweckgläser mit Deckel,
- Glasflasche (z.B. Getränkeflasche),
- Drahtkerze (Bild 1) oder Holzspan (z.B. Schaschlikspieß),
- Gummischlauch mit Knete als Verbindungsstück für die Flaschenöffnung (siehe Bild 2),
- 3 Brausetabletten,
- Kannchen Wasser,
- Feueranzünder,
- Lösung zum Erzeugen von Seifenblasen.

### Durchführung

Zwei Einweckgläser werden mit Kohlendioxid gefüllt. Dazu löst man in einer Flasche ca. 3 Brausetabletten in Wasser und leitet mithilfe eines Schlauchs das entstehende Kohlendioxid zunächst in das eine, anschließend in das zweite Einweckglas (Bild 2). Mithilfe einer brennenden Kerze oder eines brennenden Holzspans kann überprüft werden, ob das Glas ausreichend mit Kohlendioxid gefüllt ist. In diesem Fall erlöschen Kerze bzw. Holzspan sobald man sie ins Glas einführt. Beide Gläser werden vorübergehend mittels Deckel verschlossen.

Während ein Schüler Seifenblasen macht, versucht der Lehrer oder ein zweiter Schüler eine Seifenblase in dem Kohlendioxid gefüllten Einweckglas aufzufangen. Das zweite Einweckglas dient als Sicherheit, um den Versuch gegebenenfalls wiederholen zu können.

### Beobachtung und Auswertung

Während die Seifenblasen im Raum nach unten sinken, wird die Seifenblase im Glas mit Kohlendioxid schwebend gehalten (Bild 3). Kohlendioxid ist schwerer als Luft (hat eine größere Dichte). Die mit Luft gefüllte Seifenblase ist leichter und wird auf der nicht wahrnehmbaren Kohlendioxidoberfläche gehalten.



B1



B2



B3



Folgendes Experiment kann den Schülern modellhaft die Wirkungsweise eines Kohlendioxid-Feuerlöschers veranschaulichen.

#### Materialien

pro Klasse:

- Glasflasche (z.B. Getränkeflasche),
- Gummischlauch mit Knete als Verbindungsstück für die Flaschenöffnung (Bild 4),
- 3 Brausetabletten,
- Kannchen Wasser,
- mehrere Teelichter auf einem Metalltablett.



#### Durchführung

Die Teelichter auf dem Tablett werden angezündet. Anschließend gibt man die Brausetabletten und etwas Wasser in die Flasche und steckt sofort das Schlauchende mit dem Knetstück auf die Flaschenöffnung. Das andere Schlauchende wird seitlich an die einzelnen Kerzenflammen gehalten (Bild 5).

#### Beobachtung und Auswertung

Die Teelichter erlöschen nacheinander. Das beim Auflösen der Brausetabletten entstehende Kohlendioxid ist schwerer als Luft (Sauerstoff), verdrängt diese und erstickt so die Kerzenflammen.



#### Fachliche Hinweise:

Kohlendioxid wird nicht nur beim Kohlendioxid-Feuerlöscher freigesetzt, sondern beispielsweise auch bei Pulver- oder Schaumlöschern. Aufgrund der höheren Dichte ermöglicht Kohlendioxid eine rasche Verdrängung des Sauerstoffs vom Brandherd. Außerdem reagiert es weder mit Sauerstoff noch mit den meisten brennbaren Stoffen.



## 4. Doppelstunde

### Lerninhalte/ Lernziele:

#### 4) Energieumwandlung bei der Verbrennung

Die Schüler sollen

- am Beispiel des Nutzens von Feuer/ von Verbrennungen durch den Menschen an den Energiebegriff herangeführt werden,
- wissen, dass Brennstoffe (Holz, Kohle, Wachs, Benzin) Energieträger sind,
- zwischen Lichtenergie, Wärmeenergie, Bewegungsenergie und chemischer Energie als Beispiele für Energieformen unterscheiden können,
- anhand bekannter Alltagsphänomene (z.B. Heißluftballon, Weihnachtspyramide, Autoantrieb mit Benzin) erfahren, dass Energieformen ineinander umgewandelt werden können und dass Energie weder erzeugt noch vernichtet werden kann (Konzept der Erhaltung).

Vertiefung/ Ergänzung:

Die Schüler sollen

- erfahren, dass bei der Verbrennung von Benzin Kohlendioxid entsteht, das als ein Treibhausgas für den Klimawandel mitverantwortlich ist,
- sich zum Thema Energienutzung und Umweltbelastung durch den Menschen informieren und damit kritisch auseinandersetzen.

**Wichtige Vorkenntnis:** Kohlendioxid als gasförmiger Stoff

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<b>1. Einstieg</b>	<u>UG:</u> - Anknüpfen an Thema der vorangegangenen Unterrichtsstunden „Entstehen und Löschen von Feuer“, - L-Impuls: „Wozu verbrennt der Mensch eigentlich Stoffe?“, - Aktivieren von Schülererfahrungen an konkreten Alltagsphänomenen. (Daran anknüpfend können im folgenden Unterrichtsabschnitt verschiedene Energieformen und Energieumwandlungen eingeführt werden.)	<i>SB S. 69 „Wozu verbrennt der Mensch eigentlich Stoffe?“, Aufgabe 1</i>
<b>2. Nutzen von Energie bei Energieumwandlung</b> 2.1. „Was versteht man unter Energie?“  2.2. Energieformen und Energieumwandlungen *	- Anbahnen eines Verständnisses für den Begriff Energie - S lesen Informationstext auf dem SB.  <u>Einführen verschiedener Energieformen und -umwandlungen am Beispiel der Verbrennung:</u> - Chemische Energie (Brennstoffe wie Holz, Kohle, Benzin, Wachs enthalten Energie), - Umwandlung der chemischen Energie bei Verbrennung der Stoffe in Lichtenergie, Wärmeenergie oder Bewegungsenergie), - Möglicher Einsatz eines Informationstextes auf dem SB.	<i>SB S. 69 „Wozu verbrennt der Mensch eigentlich Stoffe?“, Aufgabe 2</i>  <i>SB S. 70 „Wozu verbrennt der Mensch eigentlich Stoffe?“, Aufgabe 1a)</i>

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p>2.3. Zusammenfassung</p>	<p><u>Veranschaulichen von Energieumwandlungen mithilfe von Versuchen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbrennen von Holz und/ oder Kohle: Umwandlung chemischer Energie in Licht- und Wärmeenergie,</li> <li>- Heißluftballon: Umwandlung chemischer Energie über Wärmeenergie in Bewegungsenergie (Wird im Versuch zum Heißluftballon ein Toaster eingesetzt, so wird elektrische Energie in Wärmeenergie und diese in Bewegungsenergie umgewandelt.),</li> <li>- Modellversuch zur Funktionsweise der Weihnachtspyramide: Umwandlung chemischer Energie über Wärmeenergie in Bewegungsenergie (Herausstellen, dass die über einer Kerze befindliche Luft durch die bei der Verbrennung stattfindende Energieumwandlung erwärmt wird, Entgegensteuern einer häufigen Schülervermutung, dass „heiße Luft aus den Kerzen rauskommt“),</li> <li>- Modellversuch zur Funktionsweise eines Automotors: Antrieb durch Verbrennen von Benzin, Umwandlung chemischer Energie in Bewegungsenergie (Anwenden wichtiger Vorkenntnisse: Benzin als leicht flüchtiger und hochentzündlicher Brennstoff, Einfluss des Zerteilungsgrades auf die Verbrennung).</li> </ul> <p><u>Anknüpfungsmöglichkeiten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Klärung des Alltagsbegriffes Energieverluste (nicht nutzbare Energie, z.B. Wärmeenergie beim Auto),</li> <li>- Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden. (Konzept der Erhaltung).</li> </ul> <p><u>Ergänzung/ Vertiefung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Internetrecherche zur Funktionsweise eines Ottomotors,</li> <li>- Einsatz des SB.</li> </ul> <p>- S lösen Aufgabe auf dem SB.</p>	<p>LDE: Heißluftballon, siehe UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“, S. 184)</p>  <p>SE (EA/ PA): Wärmespirale</p> <p>SE (EA): S versuchen, ihre Hand so weit wie möglich der Flamme zu nähern, von oben und von der Seite.</p>  <p>LDE</p>  <p>SB S. 71 „Wie kommt es, dass ein Auto fahren kann?“, Aufgabe 1</p> <p>SB S. 70 „Wozu verbrennt der Mensch eigentlich Stoffe?“, Aufgabe 1b)</p>

Unterrichtsabschnitte	Didaktische und methodische Hinweise	Experimente, Unterrichtsmittel
<p><b>3. Energienutzung und Umweltbelastungen</b></p> <p>3.1. Aktivieren von Schülererfahrungen</p> <p>3.2. Entstehung von Kohlendioxid bei einer Verbrennung *</p> <p>3.3. Erneuerbare Energiequellen</p>	<p>- je nach Leistungsfähigkeit und Interesse der Schüler mögliche Weiterführung des Themas „Energieumwandlung“ in Bezug auf die Entstehung von Kohlendioxid bei der Verbrennung</p> <p><u>UG, Diskussion:</u></p> <p>- Anknüpfen an Alltagserfahrungen, Aufwerfen und Hinterfragen der Bedeutung von „Schlagwörtern“ aus den Medien (Abgase, „CO<sub>2</sub>“, Treibhauseffekt, Smog, ...),</p> <p>- L-Impulse: „Wegen des großen Energiebedarfs werden sehr viel Kohle, Öl und Benzin verbrannt. In diesem Zusammenhang wird häufig über Umweltbelastung und Klimawandel diskutiert.“/ “Warum haben Autos einen Auspuff?“/ “Warum belasten Autos unsere Umwelt?“</p> <p>- S erfahren, dass beim Verbrennen von Benzin Kohlendioxid entsteht.</p> <p>- S wenden ihr Wissen zu Kohlendioxid an (Stoffeigenschaften, Nachweis mit Kalkwasser).</p> <p><u>Vertiefung/ Ergänzung:</u> Auch beim Verbrennen von Kohle, Holz, Wachs oder Papier entsteht Kohlendioxid.</p> <p><u>S recherchieren im Internet, z.B. zu:</u></p> <p>- Kohlendioxid als Treibhausgas,</p> <p>- Einfluss des Menschen auf die natürliche Umwelt und die Folgen,</p> <p>- Möglichkeiten des Umweltschutzes.</p> <p>- Sonne, Wind und Wasser als Energieträger und alternative Energiequellen</p> <p>- mögliche Internetrecherche durch die S</p>	<p>LDE</p> <div data-bbox="1094 947 1433 1137">  </div> <p><a href="http://www.umweltbundesamt.de/kinder.htm">http://www.umweltbundesamt.de/kinder.htm</a> (Kinderseite/ „Die Erde im Schwitzkasten“)</p> <p><a href="http://www.bmu-kids.de">http://www.bmu-kids.de</a> (Wissen/ „In den eigenen vier Wänden“/ „Verhandlungen im Treibhaus“)</p> <p><a href="http://www tivi.de/fernsehen/logo">http://www tivi.de/fernsehen/logo</a></p> <p>kostenlose Unterrichtsmappe zum Thema „Zukunft der Energie“ (Jgst. 3/4) unter</p> <p><a href="http://www.bmwgroup.com">http://www.bmwgroup.com</a> (Startseite/ Gesellschaft/ Bildungsprojekte/ Energie bewegt uns)</p> <p><a href="http://www.kidstation.de">http://www.kidstation.de</a></p> <p><a href="http://www.klimanet4kids.baden-wuerttemberg.de">http://www.klimanet4kids.baden-wuerttemberg.de</a></p>

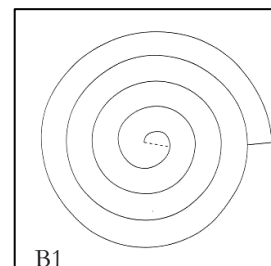
## Zu 2.2. Energieformen und Energieumwandlungen

Nach der theoretischen Einführung verschiedener Energieformen und –umwandlungen kann folgender Versuch den Schülern helfen, die stattfindenden Energieumwandlungen bei einer Weihnachtspyramide zu verstehen.

### Materialien

pro Schüler/ Schülerpaar:

- Papier,
- Bindfaden,
- Schere,
- Teelicht,
- Feueranzünder.



### Durchführung

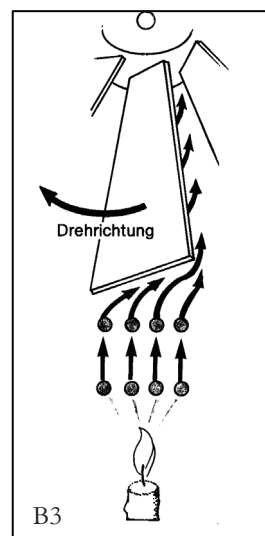
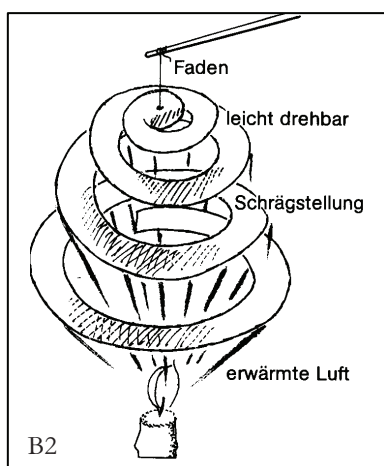
Aus einer Papierscheibe wird eine Spirale ausgeschnitten (Bild 1). An das innere Ende wird ein Bindfaden befestigt. Die Spirale wird am Bindfaden festgehalten, so dass sie frei hängt und über eine brennende Kerze gehalten.

### Beobachtung und Auswertung

Die Spirale beginnt sich zu drehen. Die über der Kerze befindliche Luft wird erwärmt. Die warme Luft steigt nach oben und stößt dabei gegen die schräge Fläche der Spirale (Bild 2). Diese wird dadurch in eine Drehbewegung versetzt. Nach dem selben Prinzip funktioniert eine Weihnachtspyramide. Das Kerzenwachs wird verbrannt, um das Rad der Pyramide anzutreiben. Die im Wachs gespeicherte chemische Energie wird durch die Verbrennung in Wärmeenergie und dann in Bewegungsenergie umgewandelt.

### Fachliche Hinweise:

Bei der Verbrennung des Waxes wird ein Teil der im Wachs enthaltenen chemischen Energie in Wärmeenergie umgewandelt. Diese Energie wird an die umgebene Luft weitergegeben. Dadurch bewegen sich die Teilchen der Luft schneller und entfernen sich weiter voneinander – die Luft dehnt sich aus. Die Dichte der Luft wird somit geringer. Daher ist die erwärmte Luft leichter als die nicht erwärmte Umgebungsluft und strömt nach oben (Konvektion). Die schräg gestellten Flächen der Flügel lenken diesen Luftstrom zur Seite ab. Aufgrund des Rückstoßprinzips beginnen sich die Flügel zu drehen (Bild 3).



Bilder 2 und 3 aus: Physik/Chemie 7, für die 7. Jahrgangsstufe (Lernstufe) der Schule für Lernbehinderte. Donauwörth: Verlag Ludwig Auer, 1984.

### Didaktisch-methodische Hinweise:

Auf einfache Weise kann den Kindern veranschaulicht werden, dass auch umgekehrt Bewegungsenergie in Wärmeenergie umgewandelt werden kann. Das nutzt man z.B., wenn einem kalt ist. Durch Reiben der Hände werden diese erwärmt.

Der nachfolgende Versuch zeigt den Schülern modellhaft, wie aus Benzin die zum Antrieb eines Autos benötigte Energie gewonnen wird. Dabei soll die Umwandlung von chemischer Energie in Bewegungsenergie durch die Drehbewegung von Papierrädern sichtbar gemacht werden.

#### Materialien

pro Klasse:

- leere Pringles-Dose mit Deckel (möglichst fest verschließend),
- Metalldraht und Klebeband (für die Drahtlasche),
- dünner Stab (als „Kurbelwelle“, z.B. Schaschlikspieß),
- Korkenstück (z.B. Weinkorken) und Messer zum Schneiden des Korkens,
- 4 Stecknadeln,
- Papier und Schere (für die Papierräder),
- Stativ und Halterung für die „Räder“ (z.B. Stehordner, eventuell zusätzliche Pappstücke und Wäscheklammern, Holzstab, z.B. Laternenstock mit zwei Drathalterungen),
- kleines Stück Alufolie (zum Einwickeln eines Korkstücks, Bild 5),
- Feueranzünder,
- Holzspan (z.B. Schaschlikspieß),
- Benzin (z.B. Feuerzeugbenzin, Bild 4),
- Schutzbrille.



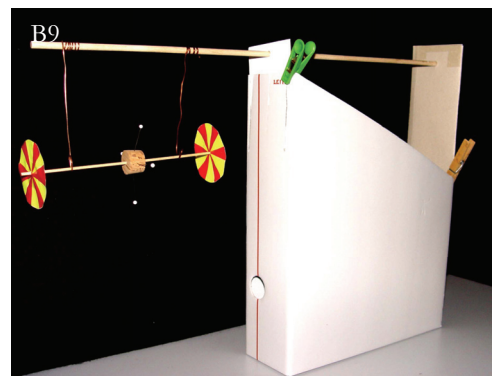
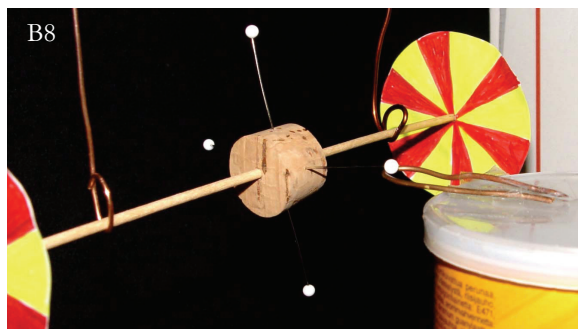
#### Vorbereitung

Ein Metalldraht wird zu einer Lasche geformt und mit Klebeband so auf dem Deckel befestigt, dass ein Stück übersteht (Bild 6). In die Pringles-Dose wird unten ein kleines Loch gestochen und ein passender Stopfen (z.B. Gummi- oder Korkstopfen) zum Verschließen bereitgelegt bzw. angefertigt (Bild 7). An dem Loch erfolgt die Entzündung des Benzin-Luft-Gemisches. In die Pringles-Dose kommt ein Stück Kork, welches mit Alufolie umwickelt wird. Es dient der besseren Durchmischung von Luft und Benzin und darf nicht brennbar sein.



Als Halterung für die Papierräder benötigt man einen dünnen Holzstab, z.B. Schaschlikspieß. Er fungiert als Kurbelwelle und muss lose mit dem Deckel der Pringles-Dose verbunden werden. Dazu wird ein weiteres Stück Kork mittig auf den Holzstab gesteckt. Auf dieses Korkstück werden Stecknadeln im gleichmäßigen Abstand befestigt. Sie stellen mit der Drahtlasche die lose Verbindung zum Deckel (Bild 8) her. Aus Papier werden zwei Räder geschnitten, die beim Aufbau des Versuches auf die Enden dieses Holzstabs gesteckt werden. Um die Drehbewegung besser beobachten zu können, werden die Räder entsprechend bemalt (Bild 9).

Damit die „Holzstab-Kurbelwelle“ in entsprechender Höhe frei hängen kann, benötigt man ein Stativ und eine Halterung. Wie auf dem Bild 6 zu sehen, können dazu beispielsweise ein Stehordner mit Pappstücken als Verlängerung, Wäscheklammern zum Befestigen und ein Laternenstab genutzt werden. Am Laternenstab wurde mit einem Draht eine zusätzliche Einhängung für die „Holzstab-Kurbelwelle“ befestigt.





### Durchführung

Das mit Alufolie umwickelte Korkstück wird in die Dose gelegt. Diese wird anschließend mit dem Deckel verschlossen. Nachdem man 4 bis 6 Tropfen Benzin in die Pringles-Dose gefüllt hat, dichtet man das Loch mittels Stopfen ab. Damit ein optimales Benzin-Luft-Gemisch entsteht, ist die Dose kräftig zu schütteln. Nun wird diese so positioniert, dass eine Stecknadel der „Holzstab-Kurbelwelle“ möglichst waagrecht auf der Drahtlasche aufliegt (Bild 10). Das Loch mit dem Stopfen muss in die entgegengesetzte Richtung zeigen. Nun wird der Stopfen entfernt, um das Benzin-Luft-Gemisch in der Dose mittels brennenden Holzspans zu entzünden.

### Beobachtung und Auswertung

Der Deckel wird mit lautem Knall von der Dose weggeschleudert. Die Drahtlasche auf dem Deckel setzt dabei über die Stecknadel die „Holzstab-Kurbelwelle“ in Schwung und die Räder drehen sich.

Das flüssige Benzin verdunstet in der Dose und vermischt sich durch das Schütteln fein verteilt mit der Luft. Wenn das Benzin-Luft-Gemisch gezündet wird, verbrennen die Benzindämpfe sehr schnell (explosionsartig). Der dabei entstehende Druck in der Dose sprengt den Deckel ab.



### Didaktisch-methodische Hinweise:

Der Einsatz des Experiments kann den Schülern an dieser Stelle nur phänomenologisch zeigen, dass die chemische Energie des Benzins beim Verbrennen in Bewegungsenergie umgewandelt wird. Die dabei stattfindenden Stoffumwandlungen können aufgrund fehlender Vorkenntnisse noch nicht erklärt werden. Auf die besonderen Reaktionsbedingungen im Bezug auf das Durchmischungsverhältnis von Luft und Benzin kann bei Bedarf eingegangen werden. Eine Thematisierung ist innerhalb dieser Konzeption jedoch nicht vorgesehen. Schwerpunkt ist das Veranschaulichen der Umwandlung von chemischer Energie in Bewegungsenergie.

### Fachliche Hinweise:

Wenn man Benzin in einem offenen Gefäß entzündet, verbrennt es ruhig und ohne zu explodieren. Denn der für die Verbrennung notwendige Sauerstoff steht nur an der Oberfläche des Benzins zur Verfügung. Dagegen ist das Benzin in der Pringles-Dose zu Benzindampf verdunstet, der nun fein verteilt mit der Luft in einem Verhältnis von ca. 1:50 vermischt ist. Unter diesen (gefährlichen) Bedingungen kommt es bei Zündung zu einer explosionsartigen Verbrennung des Benzins. Dabei entstehen heiße Gase: Kohlendioxid und Wasserdampf. Aufgrund der hohen Temperaturen beanspruchen diese Gase ein wesentlich größeres Volumen als das Benzin-Luft-Gemisch vor dem Zünden. Dadurch entsteht in der Dose ein Überdruck. Die heißen Gase üben auf die Innenwände große Kräfte aus, die an dem Deckel als „schwächste Stelle“ zur Wirkung kommen und diesen wegschleudern.

Wird die chemische Energie der Brennstoffe sofort in Bewegungsenergie (mechanische Energie) umgewandelt, so bezeichnet man diese Brennstoffe auch als Kraft- oder Treibstoffe. Bei dieser Energieumwandlung entsteht auch Wärmeenergie, die allerdings unerwünscht ist und ungenutzt bleibt: Abwärme der Auspuffgase, Kühlung des Motors, Reibung im Motor. Der in diesem Zusammenhang gebräuchliche Begriff „Energieverluste“ meint diese ungenutzte Energie. Es geht jedoch keine Energie verloren, da genauso viel Energie den Motor verlässt, wie ihm zugeführt worden ist (Erhaltung der Energie).

Brennstoffe, die zum Antrieb von Verbrennungsmotoren genutzt werden, gewinnt man vor allem aus Erdöldestillaten.

Im Zylinder eines Verbrennungsmotors spielen sich die gleichen Vorgänge wie in der Pringles-Dose des eben beschriebenen Versuches ab. Ein Brennstoff-Luft-Gemisch wird zur explosionsartigen Verbrennung gebracht. Die entstehenden heißen Verbrennungsgase drücken einen Kolben mit großer Kraft nach unten. Über ein Getriebe wird die Bewegung auf die Räder übertragen. Interessierte Schüler können sich im Internet über die Funktionsweise eines Automotors informieren und anschließend die recht anspruchsvolle Aufgabe auf dem SB S. 71 „Wie kommt es, dass ein Auto fahren kann?“ lösen.

- <http://www.kidstation.de>  
Über „Wissenella“ und „Energia“ gelangt man zu verschiedenen Themen wie beispielsweise „Ottomotor“, „Wo kommt das Erdöl her?“ oder „Tankstelle“. Die Erklärungen sind teilweise mit Animation und Ton. Unter der Rubrik „Tankstelle“ werden auch Fragen zum Umweltschutz oder zu den Gefahren auf einer Tankstelle kindgerecht beantwortet.
- Über die Kindersuchmaschine <http://www.blinde-kuh.de> können die Schüler versuchen, selbstständig an entsprechende Adressen und Informationen zu gelangen, z.B. <http://www.seilnacht.com/Lexikon/Auto.htm> (mit Animation zum Ottomotor).

### Zu 3.2. Entstehung von Kohlendioxid bei der Verbrennung

#### Materialien

pro Klasse:

- feuerfeste Unterlage (z.B. Backblech, Metalltablett),
- Einweckglas mit Deckel,
- Teelichtgehäuse und Draht (als Hängevorrichtung, Bild 1),
- Feueranzünder,
- Holzspan,
- Benzin (z.B. Feuerzeugbenzin, Bild 2),
- Kalkwasser (Herstellung siehe UE 4 „Kohlendioxid“ S. 132).

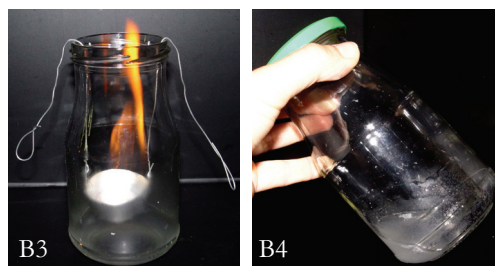


#### Vorbereitung

Zwei gleich lange Drahtstücke werden seitlich durch das weiche Aluminiumgehäuse eines Teelichts gebohrt und befestigt. Die Enden der Drähte werden gebogen, so dass sich das Gehäuse in ein Glas hängen lässt. Es dient als Verbrennungsgefäß.

#### Durchführung

In das Einweckglas wird etwas Kalkwasser gefüllt. Anschließend gibt man einige Tropfen Benzin in das Teelichtgehäuse, hängt es in das Glas und entzündet das Benzin mit einem brennenden Holzspan (Bild 3). Nach einigen Sekunden wird der Deckel auf die Glasöffnung gelegt. Ist die Flamme erloschen, nimmt man das Teelichtgehäuse heraus. Das Glas wird erneut verschlossen und kräftig geschüttelt.



#### Beobachtung und Auswertung

Beim Schütteln des Glases trübt sich das Kalkwasser weiß (Bild 4). Bei der Verbrennung von Benzin ist nachweislich Kohlendioxid entstanden.

#### Fachliche Hinweise:

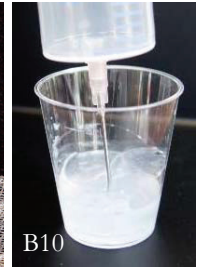
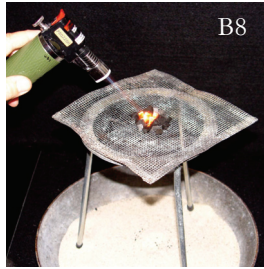
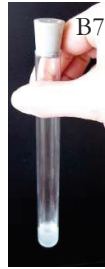
Neben den ungiftigen Verbrennungsprodukten Kohlendioxid und Wasser enthalten die Abgase der Benzinmotoren auch giftige Stoffe wie Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide oder unverbrannte Kohlenwasserstoffe. Durch Katalysatoren wird der Ausstoß an Schadstoffen gemindert.

### Ergänzung

Auf diese Weise kann auch das Entstehen von Kohlendioxid beim Verbrennen von Holz, Papier oder Wachs nachgewiesen werden. Zum Verbrennen von Wachs wird ein Teelicht mit Drahtbügeln versehen und in ein Glas gehängt.

Alternativ kann ein Reagenzglas kurze Zeit über den brennenden Stoff gehalten werden (Bild 5). Dann gibt man etwas Kalkwasser in das Glas und schüttelt kräftig (Bilder 6 und 7).

Um den Schülern zu zeigen, dass beim Verbrennen von Kohle ebenfalls Kohlendioxid entsteht, kann etwas Holz- bzw. Grillkohle zum Glühen gebracht werden (Bild 8). Anschließend zieht man eine Spritze dicht über der Kohle auf (Bild 9) und leitet den Inhalt in Kalkwasser ein (Bild 10).



## 6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Entwicklung der Grundschararbeit stellt bildungspolitisch eine zentrale Aufgabe dar. Das im Laufe der Grundschulzeit erreichte Leistungsniveau von Schülern beeinflusst entscheidend deren weitere Bildungskarriere. Da die Bildungsprozesse im derzeitigen Physik- und Chemieunterricht nach wie vor nicht zufriedenstellend verlaufen, muss auch die Qualität des gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Sachunterrichts kritisch hinterfragt werden. Lehrplan- und Lehrwerkanalysen zeigen, dass physikalisch-chemische Themen im derzeitigen Sachunterricht unterrepräsentiert sind und häufig ohne einen systematischen Aufbau eingeführt werden.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Arbeit ein durchgängiger und systematischer Unterrichtsgang entwickelt und erprobt, in welchem physikalisch-chemische Inhalte im Sachunterricht der Jahrgangsstufen 3 und 4 vermittelt werden sollen. Ziel ist der Aufbau einer anschlussfähigen Wissensbasis, an die der naturwissenschaftliche Unterricht der Sekundarstufe und insbesondere der Chemieunterricht anknüpfen können.

In Kapitel 2 wurden verschiedene Maßnahmen zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Bildung im Vor- und Grundschulbereich aufgeführt, die in den letzten Jahren und in aktueller Zeit als Reaktion auf die nicht zufrieden stellenden Ergebnisse der TIMS-, PISA- und IGLU-Studien initiiert worden sind.

Daran anknüpfend erfolgte in Kapitel 3.1. eine Darstellung grundlegender Aspekte, die als Orientierung für die inhaltliche Ausrichtung des vorgestellten Unterrichtsganges dienen. Ein wesentlicher Gesichtspunkt, der die Auswahl und Abfolge der Unterrichtsthemen beeinflusste, waren das Vorwissen bzw. die Alltagsvorstellungen von Schülern. Diese wurden auch bei der didaktisch-methodischen Umsetzung der inhaltlichen Konzeption berücksichtigt, die im Kapitel 3.2. erläutert wurde.

Ein wesentliches Anliegen dieser Arbeit war die Entwicklung, Erprobung und Nachbereitung des zweijährigen Unterrichtsganges. Dazu wurde im Kapitel 3.3. Bezug genommen.

Der konzipierte Unterrichtsgang für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Jahrgangsstufe 3/4 wurde in 8 systematisch aufeinander folgende Unterrichtseinheiten strukturiert. Im Kapitel 4 erfolgte eine Übersicht zum Inhalt dieser Unterrichtseinheiten sowie zur Verknüpfung einzelner Lerninhalte innerhalb des gesamten Unterrichtsganges. Im Sinne einer Fachsystematik legen vorangestellte Inhalte den Grundstein für ein Verstehen nachfolgender Inhalte. Damit sollen Lehrkräfte für den Sachunterricht konkrete Vorschläge erhalten, welche physikalisch-chemischen Themen in welcher sinnvollen Abfolge behandelt werden können.

Zusätzlich wurden im Kapitel 4 die Inhalte der vorliegenden Konzeption mit den inhaltlichen Empfehlungen des Perspektivrahmens Sachunterricht der GDSU, den Empfehlungen der Fachgruppe Chemieunterricht der GDCh sowie den Vorschlägen von DEMUTH & RIECK verglichen, wobei eine weitgehende Übereinstimmung festgestellt werden konnte. Außerdem wurde aufgezeigt, welche wichtigen Basiskonzepte und Kompetenzen innerhalb dieses Unterrichtsganges entwickelt werden können.

Eine genaue Beschreibung der 8 aufeinander folgenden Unterrichtseinheiten erfolgte in Kapitel 5. Einführend wurden zunächst die Lerninhalte bzw. -ziele der jeweiligen Unterrichtseinheit und inhaltliche Bezüge zu den Rahmenplänen der verschiedenen Bundesländer aufgeführt. Daran schlossen sich wichtige Erkenntnisse zu Schülervorstellungen aus empirischen Untersuchungen an und entsprechende Schlussfolgerungen für eine didaktisch-methodische Umsetzung der Lerninhalte innerhalb der beschriebenen Unterrichtseinheit.

Um die Lehrkräfte für den Sachunterricht bei der Behandlung physikalisch-chemischer Phänomene in Form eines forschend-entwickelnden und problemlösenden Unterrichts zu unterstützen, erfolgte anknüpfend eine ausführliche Beschreibung aufbereiteter und erprobter

Unterrichtsabläufe in Form von Doppelstunden. Dabei veranschaulichen zahlreiche Fotos die Durchführung sinnvoller und praxistauglicher Lehrer- und Schülerexperimente. Da die in der Erprobung erfassten Schülervorstellungen und –ideen entscheidend die Gestaltung möglicher Unterrichtsabläufe beeinflussten, wurden diese bei der Beschreibung der Unterrichtsstunden unter dem Hinweis „► **Aus der Praxis:**“ aufgeführt.

Die Erfahrungen der Unterrichtserprobung bestätigen das große Interesse von Grundschulkindern - unabhängig vom Geschlecht - an Phänomenen der unbelebten Natur. Darüber hinaus zeigte sich, dass es möglich ist, in einem alltags-, schüler- und wissenschaftsorientierten Sachunterricht eine erste Basis für ein Verständnis grundlegender physikalisch-chemischer Phänomene zu legen. Auch fachwissenschaftliche Begriffe können Grundschüler bei anschaulicher Einführung und kontinuierlicher Erweiterung zunehmend verinnerlichen.

Die in dieser Arbeit vorgestellte neue Konzeption zur Vermittlung physikalisch-chemischer Inhalte im Sachunterricht der Jahrgangsstufe 3/4 kann als Ausgangspunkt weiterer Entwicklungen zur Förderung einer frühzeitigen naturwissenschaftlichen Bildung dienen. So wäre z.B. die Durchführung einer Evaluation dieses Unterrichtskonzeptes auf einer breiteren Basis wünschenswert. Weiterhin kann der vorgestellte Unterrichtsgang unter Einbeziehung anderer für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht wichtigen Themen erweitert werden. Nicht zuletzt sollte ein nahtloses Anknüpfen im naturwissenschaftlichen Unterricht der Jahrgangsstufe 5/6 gewährleistet werden. Denn entscheidend für eine Verbesserung der naturwissenschaftlichen Bildung ist ein durchgängiger, aufeinander abgestimmter Unterricht in allen Jahrgangsstufen und Schulformen. Der naturwissenschaftliche Bereich des Sachunterrichts und das Fach „Naturwissenschaften“ in den Klassen 5 und 6 bilden dabei eine aufeinander aufbauende Einheit, wobei die im Sachunterricht vermittelten Wissensgrundlagen fortgeführt und erweitert werden sollen. Damit verbunden sollten die Phänomene ab der Jahrgangsstufe 5/6 nun auch auf der abstrakten Ebene eines einfachen Teilchenmodells erklärt werden. Den Schwierigkeiten von Schülern, v.a. im späteren Chemieunterricht, könnte so entscheidend entgegengewirkt werden.



## 7. Literaturverzeichnis

### 7.1. Analysierte Lehrpläne

- [BW 2004] Bildungsplan 2004 für die Grundschule, Hrsg.: Ministerium für Kulturelles, Jugend und Sport Baden-Württemberg.
- [B 2000] Lehrplan für die bayerische Grundschule, Juli 2000, Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus.
- [BR 2007] Bildungsplan für die Primarstufe, Sachunterricht, 2007, Hrsg.: Senator für Bildung und Wissenschaft, Freie Hansestadt Bremen.
- [H 2003] Rahmenlehrplan Sachunterricht, Bildungsplan Grundschule 2003, Hrsg.: Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Bildung und Sport.
- [HE 1995] Rahmenplan Grundschule, Sachunterricht, Juni 1995, Hrsg.: Hessisches Kultusministerium.
- [MV/BE/BB 2004] Rahmenlehrplan für die Grundschule, länderübergreifendes Projekt, 2004, Hrsg.: Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg; Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin; Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Mecklenburg-Vorpommern.
- [NW 2003] Richtlinien und Lehrpläne zur Erprobung für die Grundschule, Sachunterricht, 2003, Hrsg.: Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein- Westfalen.
- [N 2006] Kerncurriculum für die Grundschule, Schuljahrgänge1 - 4, Sachunterricht, 2006, Hrsg.: Niedersächsisches Kultusministerium.
- [S 2004] Lehrplan Grundschule, Sachunterricht, 2004, Hrsg.: Sächsisches Staatsministerium für Kultur.
- [SA 2005] Lehrplan Grundschule Sachunterricht, Erprobung, Kennnummer: GS-08-2005-04, Sachsen-Anhalt.
- [SH 1997] Lehrplan Grundschule, Heimat- und Sachunterricht, 1997, Hrsg.: Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein.
- [T 1999] Lehrplan Grundschule, Heimat- und Sachkunde, 1999, Thüringen.

## 7.2. Sekundärliteratur

**Bader, H. J.; Drechsler, B.; Gerlach, S.:** Stärkung durch Kompetenz. Naturwissenschaftliche Inhalte im Sachunterricht unterrichten. Eine Fortbildungsveranstaltung für Grundschullehrerinnen und -lehrer. Institut für Didaktik der Chemie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, 1999.

**Bäuml-Rossnagl, M.-A.:** Eine neue Schule zur Jahrtausendwende? Leit motive für eine zeitgerechte anthropologische Grundlegung der Schulbildung. In: Pädagogische Welt, 1990, H. 11, S. 482 – 500. In: Bäuml-Rossnagl, M.-A. (Hrsg.): Sachunterricht Bildungsprinzipien in Geschichte und Gegenwart. Bad Heilbrunn/ Obb.: Verlag Julius Klinkhardt, 1995, S. 80 – 81.

**Bäuml-Rossnagl, M.-A.:** Tasten mit Auge-Hand-Fuß als „Fühl“-Erkennen. Dokumente und bildungstheoretische Analyse. In: Lauterbach, R.; Köhnlein, W.; Spreckelsen, K.; Bauer, H. F. (Hrsg.): Wie Kinder erkennen, Vorträge des Arbeitstreffens zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht am 26. und 27. März 1990 in Nürnberg. Kiel: IPN, 1991, S. 34 – 48.

**Bäuml-Rossnagl, M.-A.:** Leben mit Sinnen und Sinn (in der heutigen Lebenswelt). Wege in eine zeitgerechte pädagogische Soziologie. Onlineausgabe 2000.

[www.paed.uni-muenchen.de/~baeuml-rossnagl/Leben\\_mit\\_Sinnen.pdf](http://www.paed.uni-muenchen.de/~baeuml-rossnagl/Leben_mit_Sinnen.pdf) (aufgerufen am 12.10.2007)

**„BerliNews“ (12.03.2001):** Wissenschaftsverständnis in der Grundschule Mathe und Naturwissenschaften lassen deutsche Schüler kalt. PE Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, 07.03.2001. In: [www.berlinews.de/archiv/1773.shtml](http://www.berlinews.de/archiv/1773.shtml) (aufgerufen am 21.10.2007)

**Blaseio, B.:** Entwicklungstendenzen der Inhalte des Sachunterrichts. Eine Analyse von Lehrwerken von 1970 bis 2000. Bad Heilbrunn/ Obb.: Verlag Julius Klinkhardt, 2004.

**Bos, W.; Lankes, E.-M.; Prenzel, M.; Schwippert, K.; Walther, G.; Valtin, R. (Hrsg.):** Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann Verlag, 2003a.

**Bos, W.; Lankes, E.-M.; Prenzel, M.; Schwippert, K.; Walther, G.; Valtin, R. (Hrsg.):** Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Zusammenfassung ausgewählter Ergebnisse. Onlineausgabe 2003b.

<http://www.erzwiss.uni-hamburg.de/IGLU/home.htm> (aufgerufen am 24.10.2008)

**Bundesministerium für Umwelt:** <http://www.bmu.de/klimaschutz> (aufgerufen am 15.06.2008)

**CHEMOL: Al-Shamery, K.; Arshadi, N.; Beckhaus, S.; Beckhaus, R.; Einsiedel, H.; Fickenfrerichs, H.; Gmehling, J.; Jansen, W.; Kometz, A.; Oetken, M.; Peper-Bienzeisler, R.; Wilms, M.:** Chemol (Chemie in Oldenburg). Heranführen von Kindern im Grundschulalter an Chemie und Naturwissenschaften. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Institut für Reine und Angewandte Chemie. Verden/ Aller: Lührs & Röver, 2003.

**Demuth, R.:** NaWi – die Naturwissenschaften vor der kommunikativen Wende? In: Praxis der Naturwissenschaften vereinigt mit Chemie in der Schule, Heft 4/54, 2005, S. 2 – 4.

**Demuth, R.; Rieck, K.:** Kompetenzerwerb im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. In: Praxis der Naturwissenschaften vereinigt mit Chemie in der Schule, Heft 4/54, 2005a, S. 13 – 14.

**Demuth, R.; Rieck, K.:** Grundlegende Konzepte für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. In: Praxis der Naturwissenschaften vereinigt mit Chemie in der Schule, Heft 4/54, 2005b, S. 22 – 28.

**Duit, R.; Jung, W.; Pfundt, H.:** Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG, 1981.

**Duit, R.:** Energievorstellungen. In: Naturwissenschaften im Unterricht, Heft 34, 1986, S. 105 – 107.

**Duit, R.:** Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Kircher, E. & Schneider, W. (Hrsg.). Physikdidaktik in der Praxis. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2003, S. 1 – 26.

**Drechsler, B.; Gerlach, S.; Bader, H. J.:** Naturwissenschaftliches Interesse schon in der Grundschule wecken. Nach. Chem. Lab. 47 (1999) Nr. 6, S. 715 – 717.

**Ehlert, M.:** Vorstellungen und innere Modelle der Schüler von Stoffen und Stoffumwandlungen im Chemieanfangsunterricht. Dissertation. Universität Rostock: Fachbereich Chemie – Didaktik der Chemie, 1990.

**Fritsch, L.:** Chemie lehren – Chemie lernen. Studienmaterial. Teil 2: Wesentliche Arbeitsgebiete des Chemieunterrichts. Kapitel 1: Stoffe im Chemieunterricht. Universität Rostock. Fachbereich Chemie – Didaktik der Chemie, 1999.

**Fritsch, L.; Ehlert, M.; Hänsel, H.:** Untersuchungsergebnisse zu Auffassungen und inneren Modellen der Schüler von Stoffen und Stoffumwandlungen zum Beginn des Chemieunterrichts. Wiss. Z. Universität Rostock, N-Reihe 38 (1989) 9, S. 60 – 66.

**GDCh (Gesellschaft Deutscher Chemiker):** Stärkung der naturwissenschaftlichen Bildung. Empfehlungen der Fachgruppe Chemieunterricht der GDCh für einen durchgängigen naturwissenschaftlichen Unterricht von der Grundschule bis zum Fachunterricht der weiterführenden Schulen. Frankfurt am Main, April 2005.

**GDSU (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts):**  
<http://www.gdsu.de/wb/pages/sachunterricht-in-der-grundschule-und-in-der-lehrerbildung.php>  
(aufgerufen am 10.09.2008)

**GDSU (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts):** Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 2002.

**Grygier, P.:** Wissenschaftsverständnis – Schon in der Grundschule? In: Cech, D.; Giest, H. (Hrsg.): Sachunterricht in Praxis und Forschung – Erwartungen an die Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 2005.

**Grygier, P.; Günther, J.; Kircher, E. (Hrsg.):** Über Naturwissenschaften lernen. Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 2007.

**Habitz, P.:** Didaktische Probleme des Anfangsunterrichts in Chemie an weiterführenden Schulen (Sekundarstufe I). In: Naturwissenschaften im Unterricht: Physik, Chemie, Biologie 21 (1973). Köln: Aulis Verlag, S. 388 – 393.

**Hübinger, R.; Sumfleth, E.:** Mein Körper und ich auf Weltreise. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Schering Stiftung, 2006.

**Kahlert, J.; Demuth, R.:** Wir experimentieren in der Grundschule. Einfache Versuche zum Verständnis physikalischer und chemischer Zusammenhänge. Köln: Aulis Verlag Deubner, 2007.

**Keune, H.; Frühauf, D.:** Erkennen Schüler wichtige Stoffarten in den Gegenständen ihrer Umwelt? In: NiU - Chemie 1 (1990) Nr. 4, S. 34 – 38.

**Kultusministerkonferenz (KMK):**

<http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Argumentationspapier308KMK.pdf>

(aufgerufen am 08.11.2008)

**Leerhoff, G.; Kienast, S.; Möllering, J.; Eilks, I.:** Der Stoffbegriff und die Stoffeigenschaften – Zentrale Problemfelder bei der Vermittlung der chemischen Reaktion im frühen Chemieunterricht. Teil 1. In: MNU 56/ 5 (15.07.2003), S. 301 – 303.

**Leerhoff, G.; Kienast, S.; Möllering, J.; Eilks, I.:** Der Stoffbegriff und die Stoffeigenschaften – Zentrale Problemfelder bei der Vermittlung der chemischen Reaktion im frühen Chemieunterricht. Teil 2 (Fortsetzung aus MNU 56, Heft 5). In: MNU 56/ 6 (01.09.2003). S. 364 – 375.

**Löffler, G.:** Piagets und Inhelders Interviews zum kindlichen Atomismus unter einem phänomenologischen Gesichtspunkt reinterpretiert. In: Chimica didactica 18, Heft 2, 1992, S. 85 - 99.

**Lück, G.:** Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen. Freiburg: Herder Verlag, 2003.

**Lück, G. & Demuth, R.:** Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. In: CHEMKON/ 5. Jg. 1998/ Nr. 2, Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH, S. 71 – 78.

**Möller, C.:** Verstehen durch Handeln beim Lernen naturwissenschaftlicher und technikbezogener Sachverhalte. In: Lauterbach, R.; Köhnlein, W. (Hrsg.): Verstehen und begründetes Handeln. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 2004, S. 147 – 165.

<http://128.176.155.14/www/www/dokmoeller/VerstehendurchHandelnbeimLernen.pdf>

(aufgerufen am 10.11.2008)

**Osborne, R.; Cosgrove, M.:** Children's conceptions of the changes of state of water. In: Journal of research in science teaching 20, No. 9, 1983, S. 825 – 838.

**Petermann, K.; Friedrich, J.; Oetken, M.:** Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren. Inhaltliche Auseinandersetzung mit Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: CHEMKON 3 (2008), S. 110 – 118.

**Pfundt, H.:** Vorunterrichtliche Vorstellungen von stofflicher Veränderung. Chimica didactica 8 (1982), S. 161 – 180.

**Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie:** <http://chemieunterricht.de/dc2/fragen/kf-ka-201.htm> (aufgerufen am 07.11.2008)

**Schecker, H.; Theyßen, H.:** Energie, Ein Konzept in allen Naturwissenschaften? In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 18 (2007) Nr. 100/ 101, S. 82 – 85.

**Schieder, M.; Wiesner, H.:** Vorstellungen und Lernprozessen zum Thema Wetter in der Primarstufe. In: Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven, Vorträge auf der Tagung für Physik, Chemie, 1996, S. 167 – 169.

**Schmidkunz, H.; Lindemann, H.:** Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Reihe: Didaktik, Naturwissenschaften Band 2. 6. unveränderte Auflage, Nachdruck der 3. Auflage von 1992. Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaftsverlag, 2003.

**Schunk, B.:** Vom Wohltäter zum Bösewicht. In: Bild der Wissenschaft plus. Ran ans CO<sub>2</sub>-Problem. Eine Sonderpublikation in Zusammenarbeit mit dem VCI, S. 10 – 13.

**Seilnacht, T.:** <http://www.seilnacht.com/Lernzirk.htm> (aufgerufen am 29.10.2008)

**Séré, M. - G.:** Der gasförmige Aggregatzustand. In: Müller, R.; Wodzinski, R.; Hopf, M. (Hrsg.): Schülervorstellungen in der Physik, Festschrift für Hartmut Wiesner. Köln: Aulis Verlag Deubner, 2004, S. 199 – 214.

#### **Sicherheitsdatenblatt**

**a:** [http://www.nugi-zentrum.de/pdf\\_Dateien/Sicherheitsdatenblaetter/Ethanol\\_SDB.pdf](http://www.nugi-zentrum.de/pdf_Dateien/Sicherheitsdatenblaetter/Ethanol_SDB.pdf)

**b:** <http://www.hoegner24.com/pdf/SDs/staufen/SD-Reinigungsbenzin.pdf?PHPSESSID=9easv076p4favci9qtb2sicl52>

**c:** [http://images.raiffeisen.com/Raicom/sdb/519/LampenOel\\_klar.pdf](http://images.raiffeisen.com/Raicom/sdb/519/LampenOel_klar.pdf)

**d:** [http://www.koehlerchemie.de/apothekenreagenzien/sdb/RG1241\\_Paraffin\\_dickfluessig.pdf](http://www.koehlerchemie.de/apothekenreagenzien/sdb/RG1241_Paraffin_dickfluessig.pdf) (aufgerufen am 08.05.2008)

**Sodian, B.; Thoermer, C.; Kircher, E.; Grygier, P.; Guenther, J.:** Das intuitive Wissenschaftsverständnis von Grundschulkindern und seine Beeinflussbarkeit durch Unterricht. In: [www.lernort-labor.de/download\\_action.php?load=Sodian](http://www.lernort-labor.de/download_action.php?load=Sodian) (aufgerufen am 18.10.2008)

**Sodian, B.; Thoermer, C.:** Naturwissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Koordination von Theorie und Evidenz. In: Forschungsmethoden und Erhebungsverfahren. In: Spreckelsen, K.; Möller, K.; Hartinger, A. (Hrsg.): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 2002.

**Stavy, R.; Stachel, D.:** Children's ideas about solid and liquid. In: European Journal of Science Education 7, No. 4 (1985), S. 407 - 421.

**Stern, E.:** Lernen – der wichtigste Hebel der geistigen Entwicklung. (2003a) [http://www.mpib-berlin.mpg.de/en/institut/dok/full/stern/stern\\_vortrag.pdf](http://www.mpib-berlin.mpg.de/en/institut/dok/full/stern/stern_vortrag.pdf) (aufgerufen am 20.05.2007)

**Stern, E.:** Lernen ist erfolgreich, wenn erfolgreich an Vorwissen angeknüpft werden kann. Bildung PLUS (25.08.2003b) <http://www.bildungsserver.de/innovationsportal/bildungplus> (aufgerufen am 20.05.2007)

**Stern, E.:** Inhalt statt Methode. Zeit online 17/2006 S. 43 [http://www.zeit.de/2006/17/B-Klippert\\_Replik.xml](http://www.zeit.de/2006/17/B-Klippert_Replik.xml) (aufgerufen am 30.10.2008)

**Strunk, U.:** Die Behandlung von Phänomenen aus der unbelebten Natur im Sachunterricht: die Perspektive der Förderung des Erwerbs von kognitiven und konzeptuellen Fähigkeiten. Bad Ilburg: Der Andere Verlag, 1998.

**Strunk, U.; Lück, G.; Demuth, R.:** Der naturwissenschaftliche Sachunterricht in Lehrplänen, Unterrichtsmaterialien und Schulpraxis – Eine quantitative Analyse der Entwicklung in den letzten 25 Jahren. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 4/ Heft 1/ 1998, S. 69 - 80.



**Uni-Frankfurt:** [https://www.uni-frankfurt.de/fb/fb14/chemie/didachem/didforschung/meth\\_lfb/stark.html](https://www.uni-frankfurt.de/fb/fb14/chemie/didachem/didforschung/meth_lfb/stark.html)  
(aufgerufen am 27.10.2008)

**Wichmann, S.:** Verwandlungskünstler Wasser – Physikalische Phänomene rund um das nasse Element. In: Grundschulunterricht, 3/2003, S. 15 – 20.

**Wikipedia:** <http://de.wikipedia.org/wiki/Abbildungsfehler> (aufgerufen am 04.02.2007)

**Wodzinski, R.:** Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In: Müller, R; Wodzinski, R.; Hopf, M. (Hrsg.): Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. Köln: Aulis Verlag Deubner, 2004, S. 23 – 36.

# **Zusammenfassung**

## **Stoffen, ihren Eigenschaften und Veränderungen auf der Spur - eine neue alltags- und schülerorientierte Konzeption zur Vermittlung physikalisch-chemischer Inhalte im Sachunterricht der Jahrgangsstufen 3 und 4**

Die Entwicklung der Grundschularbeit stellt bildungspolitisch eine zentrale Aufgabe dar. Das im Laufe der Grundschulzeit erreichte Leistungsniveau von Schülern beeinflusst entscheidend deren weitere Bildungskarriere. Da die Bildungsprozesse im derzeitigen Physik- und Chemieunterricht nach wie vor nicht zufriedenstellend verlaufen, muss auch die Qualität des gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Sachunterrichts kritisch hinterfragt werden. Lehrplan- und Lehrwerkanalysen zeigen, dass physikalisch-chemische Themen im derzeitigen Sachunterricht unterrepräsentiert sind und ohne einen systematischen Aufbau eingeführt werden.

Einhergehend mit den 2003 verabschiedeten Bildungsstandards wird in dieser Arbeit ein durchgängiger und erprobter Unterrichtsgang für die Vermittlung hauptsächlich physikalisch-chemischer Inhalte im Sachunterricht der Klassenstufen 3 und 4 vorgestellt. Der Unterrichtsgang besteht aus 8 aufeinander folgenden Unterrichtseinheiten, deren Entwicklung sich an den Grundsätzen des Konzeptes „Chemie fürs Leben“ orientiert. Die Fachsystematik sowie die Lernbedürfnisse und das Vorwissen der Schüler wurden dabei im besonderen Maße berücksichtigt. Ziel ist das frühzeitige Heranführen von Grundschulkindern an physikalisch-chemische Phänomene, an denen sie nachweislich interessiert sind, und die Schaffung einer anschlussfähigen Wissensbasis, an die der nachfolgende naturwissenschaftliche Sekundarstufenunterricht, insbesondere der Chemieunterricht, anknüpfen kann.

## **On the trail of substances, their properties and the way they change - a new everyday and pupil orientated conception to impart physical and chemical subject matter in nature studies and the general and social sciences in Years 3 and 4 of the German educational system (pupils aged 8 - 9 and 9 - 10 years)**

In terms of educational policy the development of the work in primary schools is of central importance. The level of attainment achieved by pupils in the course of their primary education has a decisive influence on their further educational experience. As the educational processes in the contemporary teaching of Physics and Chemistry continue to be unsatisfactory, the quality of the current teaching of the natural science aspects of nature studies and general and social sciences must be analysed critically. Analyses of curricula and textbooks show that physics- and chemistry-related topics are under-represented in present-day nature studies, general and social science courses and are introduced in an unstructured fashion.

This paper presents an integrated and tried and tested teaching module, derived from the Educational Standards which were introduced in 2003, to impart mainly physical and chemical subject matter within nature studies and the general and social sciences in Years 3 and 4. The teaching module consists of sequential teaching units whose development is based on the principles of the concept of “Chemistry for Life”. Particular attention was paid to the structuring of the subject as well as the learning needs and the previous knowledge of the pupils. The aim is to introduce primary school children at an early age to physical and chemical phenomena, in which it has been proven they are interested, and to create a basis of knowledge which can be extended and which the subsequent teaching of the natural sciences in secondary education can then take up.

# Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt und ohne fremde Hilfe verfasst habe, keine außer der von mir angegebenen Hilfsmittel und Quellen dazu verwendet habe und die den benutzten Werken inhaltlich und wörtlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Rostock, 12.12.2008

# **Anhang**

**zu**

## **Stoffen, ihren Eigenschaften und Veränderungen auf der Spur**

**- eine neue alltags- und schülerorientierte Konzeption zur  
Vermittlung physikalisch-chemischer Inhalte im  
Sachunterricht der Jahrgangsstufen 3 und 4**

- I. Schülerarbeitsblätter (S. 1 - 71)
- II. Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern (S. 1 - 13)
- III. Anschauungsmittel (S. 1 - 36)
- IV. Schülerbefragungen in der Unterrichtserprobung (S. 1 - 3)

## Naturwissenschaftler erforschen die verschiedenen Tier- und Pflanzenarten auf der Welt

Bislang konnten Forscher ungefähr 1,75 Millionen Tier- und Pflanzenarten beschreiben. Auf unserer Erde leben aber sehr viele Tiere und Pflanzen, die der Mensch bisher noch nicht kennt. Wissenschaftler schätzen, dass es zwischen 3,6 bis 112 Millionen unbekannte Arten auf der Welt gibt.

(Information: <http://de.wikipedia.org/wiki/Artenvielfalt>)



B1: Koboldmaki

Die **Koboldmakis** werden auch **Gespentsttiere** oder **Gespentstaffen** genannt. Sie haben sehr große, aber starre Augen. Ihren Kopf können sie extrem weit drehen, bis zu 180 °.

Koboldmakis leben auf Bäumen in Südostasien. Aber ihr Leben wird mit der Zerstörung ihres Lebensraumes durch den Menschen bedroht. Außerdem werden Koboldmakis immer noch wegen ihres Fleisches gejagt.

(Informationen: <http://de.wikipedia.org/wiki/Koboldmaki>)

Bild 1: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Philippine\\_sarangani\\_tarsier.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Philippine_sarangani_tarsier.jpg)



B2: Ogcocephalus darwini

Aus den Meeren sind bislang zwischen 240.000 und 330.000 Arten bekannt. Besonders die Tiefsee ist kaum erforscht.

Dieser Fisch sieht fast aus wie ein Außerirdischer. Er gehört zu den **Seefledermäusen**. Seefledermäuse leben meist in größeren Tiefen von 100 Metern auf dem Meeresgrund.

(Informationen: <http://de.wikipedia.org/wiki/Artenvielfalt>)

Bild 2:

[http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Ogcocephalus\\_parvus.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Ogcocephalus_parvus.jpg)



B3: Sonnentau

„Der **Sonnentau** gehört zu den Fleisch fressenden Pflanzen. Der Sonnentau frisst Insekten. Er lockt sie mit Nektar an, der wie Tautropfen auf seinen Blättern aussieht – daher sein Name. Viele der rund 150 Sonnentauarten sind durch Lebensraumverlust bereits selten geworden.

Sonnentau wird bei Erkrankungen der Atemwege wie Bronchitis, Asthma und Keuchhusten eingesetzt.“

(Bild 3 und Text leicht verändert nach:

<http://wwf-arten.wwf.de/detail.php?id=129>)

Bild 4:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:DroseraPeltataLamina.jpg>



B4: Sonnentaublatt mit Tentakeln



## Naturwissenschaftler erforschen die Vergangenheit



B1: Gemälde von G. Boeggemann



B2: Fossil von Archaeopteryx bavarica (ein gefiederter Dinosaurier)

Wissenschaftler, die Lebewesen vergangener Erdzeitalter erforschen, nennt man auch **Paläontologen**. Eines der größten Rätsel ist das letzte große Massenaussterben am Ende der Kreidezeit vor etwa 65 Millionen Jahren, bei dem höchstwahrscheinlich auch alle **Dinosaurier** ausgestorben sind.

Das Wissen über die Dinosaurier erhalten die Paläontologen durch die Untersuchung von **Fossilien**. Solche Fossilien können versteinerte Hautabdrücke, Knochen, Fußspuren, Eier und Nester oder auch versteinertes Kot sein.

Es gibt mehr als 80 Hypothesen (Vermutungen), die versuchen, das Aussterben der Dinosaurier zu erklären. Zwei wichtige Theorien werden vorgestellt.

### Meteoritentheorie

Laut dieser Theorie wurde das Massenaussterben durch den Einschlag eines großen Meteoriten (außerirdisches Gestein) vor etwa 65 Millionen Jahren verursacht. Demnach hätte der Einschlag so viel Staub aufgewirbelt, dass sich die Atmosphäre verdunkelt hätte und es zu einem anhaltenden unnatürlichen Winter gekommen wäre. Kritiker dieser Theorie (Menschen, die daran zweifeln) meinen, dass solch ein Meteoriteneinschlag nicht unbedingt die alleinige Ursache für das Massenaussterben sein muss.

### Vulkanismustheorie

Nach dieser Theorie hat die übermäßig große Vulkanaktivität am Ende der Kreidezeit zu plötzlichen Klimaschwankungen mit ähnlichen Auswirkungen wie bei einem Meteoriteneinschlag geführt.



B3: Ausbruch des Vulkans Rinjani im Jahre 1994

Viele Forscher gehen heute davon aus, dass nicht eine dieser Katastrophen alleine für das Massenaussterben der Dinosaurier verantwortlich war, sondern dass mehrere ungefähr zeitgleiche Ereignisse zusammen dazu geführt haben.

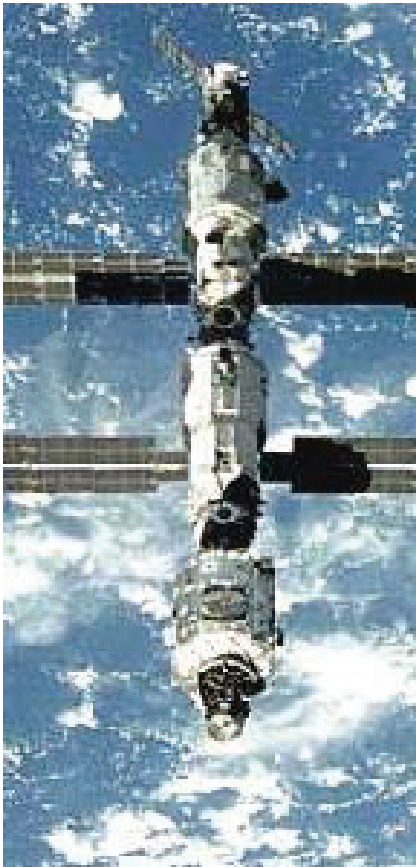
(Informationen: <http://de.wikipedia.org/wiki/Dinosaurier>)

Bild 1: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Europasaurus\\_holgeri\\_Scene\\_2.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Europasaurus_holgeri_Scene_2.jpg)

Bild 2: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Archaeopteryx\\_bavarica\\_Detail.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Archaeopteryx_bavarica_Detail.jpg)

Bild 3: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Rinjani\\_1994.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Rinjani_1994.jpg))

## Naturwissenschaftler erforschen den Weltraum



B1: Raumstation ISS

„Die Forscher hoffen, dass sie durch die ISS (International Space Station: ‚Internationale Raumstation‘) mehr darüber erfahren, wie das Universum entstanden ist und wie es sich in den kommenden Millionen von Jahren weiter entwickeln wird.

Es wird aber auch an ganz praktischen Dingen geforscht. Deutsche Wissenschaftler wollen in der ISS zum Beispiel ein Gerät testen, mit dem man per Satellit gestohlene Autos oder Handys ausfindig machen kann.



B3: Erste Besatzung der ISS



B2: Ein Astronaut arbeitet im Weltraum an der ISS.

Irgendwann soll es sogar eine bemannte Mission zum Mars geben. Allerdings ist der Mars sehr weit von der Erde entfernt. Deshalb überlegen die Forscher, wie man schneller dorthin kommt.“

(Text: leicht verändert nach: <http://www tivi.de/infosundtipps/wissen/artikel/05079/index2.html>,  
<http://www tivi.de/fernsehen/logo/artikel/02485/index3.html>,  
Bilder: <http://www tivi.de/fernsehen/logo/artikel/02485/index3.html>)

## Nobel und Einstein – zwei berühmte Wissenschaftler



B1: Alfred Nobel



B2: Dynamit

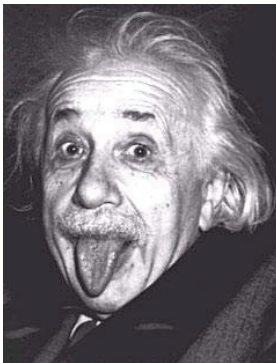
„Der Chemiker **Alfred Nobel** erfand unter anderem den Sprengstoff **Dynamit**. Mit Dynamit konnte man zum Beispiel viel leichter Tunnel bauen, weil man Löcher in Berge sprengen konnte und nicht mehr mühsam graben musste. Aber mit dem Dynamit wurden auch Waffen hergestellt.

Alfred Nobel verdiente sehr viel Geld mit seiner Erfindung. Am Ende seines Lebens bekam er jedoch ein schlechtes Gewissen, weil mit Dynamit auch Menschen getötet wurden. Er wollte, dass nach seinem Tod von seinem Vermögen Preise an Personen vergeben werden, die der Menschheit den größten Nutzen erbracht haben.

Seit 1901 werden deshalb die **Nobelpreise** vergeben. Jedes Jahr am 10. Dezember (dem Todestag von Alfred Nobel) überreicht der schwedische König in Stockholm die Preise. Den Nobelpreis gibt zum Beispiel für Physik, Chemie, Medizin, Literatur oder Wirtschaft.“

(Bilder 1 und 2, Text leicht verändert nach:

<http://www.tivi.de/fernsehen/logo/artikel/04981/index.html>)



B3: Albert Einstein

„Sein Klassenlehrer hat einmal über ihn gesagt, er sei zu eigensinnig und frech. Deshalb könne aus ihm nichts werden. Damit lag er wohl falsch.

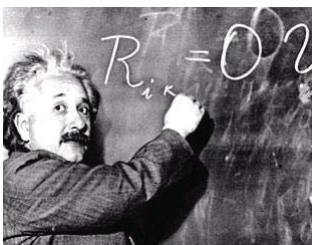
Denn aus **Albert Einstein** wurde einer der wichtigsten Forscher der Welt. Vor etwa 100 Jahren hat er herausgefunden, wie Licht, Zeit und Energie im ganzen Universum zusammenhängen. Das hat vor ihm noch keiner geschafft.

Die berühmte Formel:  $E = mc^2$  hat Einstein 1905 aufgeschrieben. Sie ist Teil der **Relativitätstheorie**. Das ist eine ziemlich komplizierte Sache und nur wenige Menschen auf der Welt haben sie verstanden. Trotzdem ist sie wichtig, zum Beispiel dafür, dass wir im Fernsehen scharfe Bilder empfangen. Auch Digitalkameras gäbe es ohne Einsteins Ideen nicht. 1921 erhielt Albert Einstein für seine Entdeckungen den Nobelpreis für Physik.

Übrigens: 1932 verließ Albert Einstein Deutschland und zog nach Amerika. Dort forschte er weiter an seinen Ideen. Außerdem setzte er sich gegen die Atombombe ein. Er starb 1955 im Alter von 76 Jahren.“

(Bilder 3 und 4, Text leicht verändert nach:

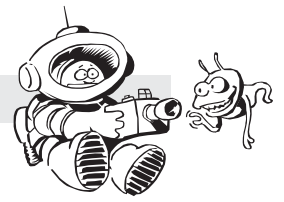
<http://www.tivi.de/infosundtipps/wissen/artikel/06060/index2.html>)



B4: Einstein schreibt eine Formel an die Tafel. Dabei geht es um die Dichte der Milchstraße.



## Wie arbeiten Naturwissenschaftler?



1. Erkläre, warum Naturwissenschaftler Experimente durchführen!  
Lies dazu folgenden Text!

Naturwissenschaftler sind sehr neugierig. Sie suchen Antworten auf noch ungeklärte Fragen. Dazu stellen sie zunächst **Vermutungen** auf. Diese Vermutungen werden auch **Hypothesen** genannt. Um herauszufinden, ob die vermuteten Erklärungen stimmen oder nicht, ersinnen die Wissenschaftler **Experimente**. Der Begriff Experiment leitet sich von dem lateinischen Wort *experimentum* ab und bedeutet Versuch, Prüfung oder Probe.

Die Ergebnisse eines Experimentes können mit der zuvor aufgestellten Vermutung übereinstimmen oder nicht. Man sagt: Die Vermutung wird durch ein Experiment bestätigt oder widerlegt. Wenn die vermutete Erklärung nicht bestätigt wird, muss nach neuen Erklärungen geforscht werden.

In den Naturwissenschaften ist das Experimentieren also eine ganz wichtige Arbeitsweise. Mithilfe von Experimenten testet man vermutete Erklärungen und gelangt so zu neuen Erkenntnissen.

2. Das folgende Beispiel zeigt dir vereinfacht, wie Naturwissenschaftler beim Forschen vorgehen.

### 1. Frage oder Problem

Wasservögel, zum Beispiel Enten, besitzen eine Drüse, die Fett absondert: die Bürzeldrüse. Mit diesem Fett bestreichen die Vögel regelmäßig ihr Gefieder. **Warum machen sie das?**



### 2. Vermutung

Das Fett schützt die Federn vor dem Wasser. Es macht die Federn wasserundurchlässig (wasserfest).

### 3. Experiment

Ein kleines Küchensieb wird mit Fettkrem (z.B. Vaseline) bestrichen.

Dann lässt man Wasser in das Sieb fließen und beobachtet, ob es durchfließt oder nicht.



### 4. Ergebnis

Durch das Einfetten hält das Sieb dicht. Es fließt kein Wasser durch. Fett kann tatsächlich Dinge wasserundurchlässig (wasserfest) machen. Die Vermutung wurde durch das Experiment bestätigt.

(Weitergedacht: Für die Vögel ist das wichtig. Sind die Federn wasserfest, dann bleibt der größte Teil des Körpers trocken und warm. Außerdem können sich die Federn so nicht mit Wasser voll saugen. Würde das passieren, wären sie zu schwer zum Fliegen.)

## Unsere Sinnesorgane

1. Wir nehmen die Welt um uns herum mit unseren **Sinnesorganen** wahr. Welche Sinnesorgane haben wir? Unterstreiche sie im Gedicht!

### Hier stimmt was nicht!



Mit der Zunge kann man gucken,  
mit den Beinen kann man spucken.



Auf den Ohren kann man kriechen,  
mit den Augen kann man riechen.



Hören kann man mit den Zehen,  
auf dem Mund, da kann man stehen.



Mit den Händen kann man lecken  
und die Schokolade schmecken.



Mit den Knien kann man trinken,  
mit der Nase kann man winken.

Damit endet das Gedicht und mir scheint:

Hier stimmt was nicht.






(Paul Maar)





## Unsere Sinnesorgane

2. Trage die Sinnesorgane in die Tabelle ein! Schreibe in die Spalte daneben, welche Funktion dieses Sinnesorgan hat, also was man damit machen kann!

Sinnesorgan	Funktion
 .....	.....
 .....	.....
 .....	.....
 .....	.....
 .....	.....

3. Welche Sinnesorgane hast du und was kannst du damit machen? Nimm dir ein weißes Blatt Papier und fertige dazu eine **Sachzeichnung!** Beschrifte sie!



### Beachte dabei folgende Regeln:

- Zeichne dein Gesicht so, dass alle Sinnesorgane deutlich zu erkennen sind.
- Zeichne sie in der richtigen Größe zum Gesicht und im richtigen Abstand zueinander.
- Ziehe von jedem Sinnesorgan mit Bleistift eine gerade Linie nach außen.
- Schreibe an jede Linie, wie das Sinnesorgan heißt und in Klammern dahinter, wozu es dir dient.



Nase (riechen)

## Sicherheitsregeln beim Experimentieren

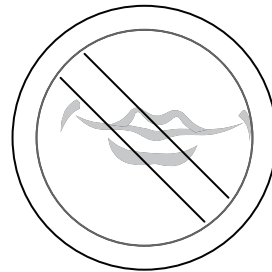
1. Beim Experimentieren muss stets auf die Sicherheit und Sauberkeit geachtet werden. Lies folgende Sicherheitsregeln und präge sie dir ein!

### SICHERHEITSREGELN

➤ Genau den Anordnungen der Lehrkraft folgen!

➤ Längere Haare zusammenbinden!

➤ Nichts in den Mund nehmen!



➤ Nicht mit den Versuchsmaterialien herumspielen!

➤ Nach den Versuchen Tische aufräumen und säubern!

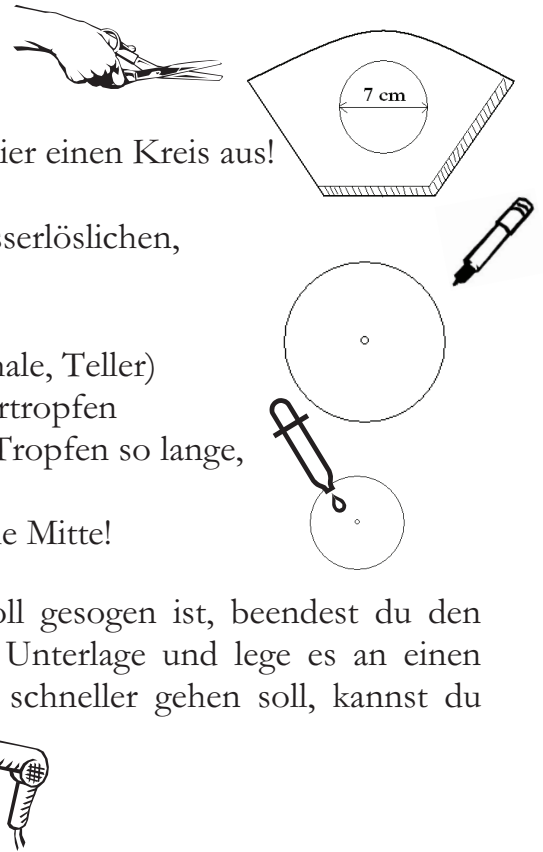
➤ Nach den Versuchen Hände waschen!



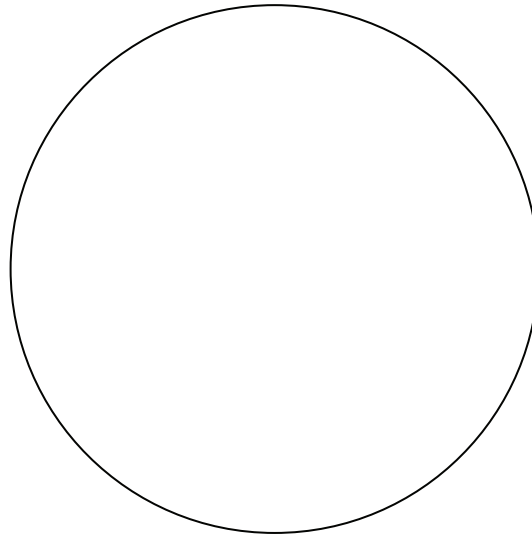
## Mit einem schwarzem Stift bunte Bilder malen

1. Führe folgenden Versuch durch!

- Schneide aus weißem Filter- oder Löschpapier einen Kreis aus!
- Male in die Mitte des Papiers mit einem wasserlöslichen, schwarzen Filzstift einen kleinen Kreis!
- Lege das Papier nun auf eine Unterlage (Schale, Teller) und tropfe mit einer Pipette einzelne Wassertropfen auf den gemalten Kreis! Warte nach jedem Tropfen so lange, bis das Papier ihn aufgesogen hat. Erst dann gib einen weiteren Tropfen auf die Mitte!
- Sobald das gesamte Papier mit Wasser voll gesogen ist, beendest du den Versuch. Nimm das Filterpapier von der Unterlage und lege es an einen geeigneten Platz zum trocknen. Wenn es schneller gehen soll, kannst du auch einen Fön benutzen.



2. Klebe dein getrocknetes Filterpapier auf den Kreis! Beschreibe deine Beobachtung!



3. Ergänze die Sätze!


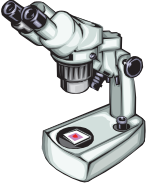
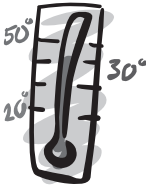

„Schwarz“ ist ein ..... aus verschiedenen Farben.

In meinem schwarzen Filzstift sind die Farben:

..... enthalten.

## Die Lupe – ein wichtiges Hilfsmittel beim Forschen

- Manchmal reichen die Sinnesorgane zum Beobachten nicht aus. Dann benutzen Forscher Hilfsmittel.  
Wie heißen die Hilfsmittel? Trage die Namen in die Tabelle ein!


			
.....	.....	.....	.....

- Nimm dir eine Lupe und einen kleinen Gegenstand!  
Finde heraus, wie man Lupe und Gegenstand zum Auge halten muss, damit man den Gegenstand größer sieht!



- Betrachte ein Zuckerkristall unter der Lupe!  
Zeichne die Form des Kristalls mit Bleistift in das Kästchen!



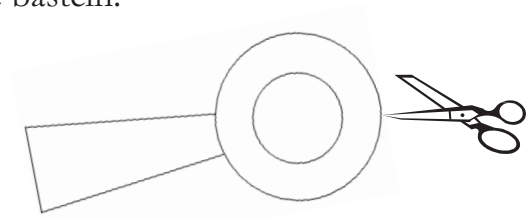
Gegenstand:
<div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"> <div style="width: 100%; border-bottom: 1px dotted black;"></div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  </div>

## Die Wasserlupe

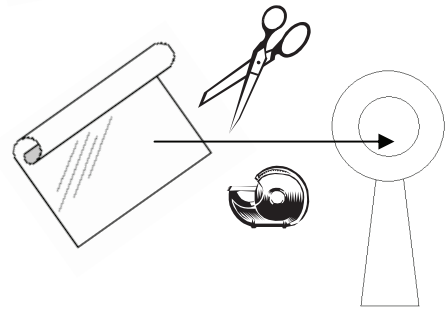
1. So kannst du dir ganz einfach eine Lupe basteln:

a)

- Schneide aus einem Stück Pappe den Umriss einer Lupe aus!

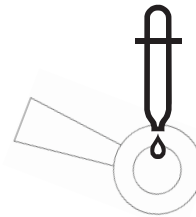


- Klebe das Loch in der Mitte mit einem Stück Klarsichtfolie zu!  
Die Folie muss glatt aufliegen!



b)

- Tropfe mit einer Pipette etwa drei Mal Wasser auf die Mitte der Folie: So erhältst du einen großen Wassertropfen.



- Halte deine Wasserlupe nun über einen klein geschriebenen Text! Verändere dabei auch den Abstand zwischen Wasserlupe und Text!



2. Was hast du beobachtet? Beschreibe!

.....

.....

.....



# Warum lassen Lupenglas und Wassertropfen Gegenstände größer erscheinen?

1. Untersuche die Form des Lupenglases und des Wassertropfens!  
Halte dazu die Wasserlupe mit dem Wassertropfen in **Augenhöhe**.  
Betrachte die Form des Tropfens **von der Seite**!



Die Form des Lupenglases kannst du auch mit den Fingern erfühlen. Halte dazu das Glas zwischen Zeigefinger und Daumen. Streiche jetzt mit diesen Fingern mehrmals über das Glas: vom Rand über die Mitte bis zum nächsten Rand.



2. Wie sieht die Form des Lupenglases und des Wassertropfens **von der Seite** aus? Zeichne deine Beobachtungen aus Aufgabe 1 mit Bleistift in die Kästchen ein!

Lupenglas	Wassertropfen



3. Schaue dir beide Zeichnungen genau an und vergleiche. Was haben Lupenglas und Wassertropfen gemeinsam? Beschreibe!

.....

4. Ergänze die Sätze!

Lupenglas und Wassertropfen haben eine nach außen .....

Form. In der Mitte sind sie .....als am Rand.



Das sieht so ähnlich aus wie bei einem durchgeschnittenen .....

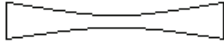




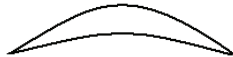


Alle lichtdurchlässigen Gegenstände mit dieser Form können Dinge  
..... erscheinen lassen.

## Kontrolle

1. Wie muss ein Gegenstand beschaffen sein, damit er wie eine Lupe Dinge größer erscheinen lassen kann?

Kreuze alle richtigen Antworten an! Du kannst auch mehrere Kreuze machen!

- a) ☐ Er muss lichtdurchlässig (durchsichtig) sein.
- b) ☐ Er muss aus Glas sein.
- c) ☐ Er kann diese Form haben: 
- d) ☐ Er kann diese Form haben: 
- e) ☐ Er kann diese Form haben: 
- f) ☐ Er kann diese Form haben: 
- g) ☐ Er kann diese Form haben: 
- h) ☐ Er kann diese Form haben: 

(Die Bilder zeigen die Form des Gegenstands immer von der Seite.)

## Der Nahpunkt

1. Halte einen klein geschriebenen Text mit ausgestreckten Armen vor deine Augen! Bewege ihn jetzt langsam immer dichter ans Auge - bis der Text deine Nasenspitze berührt. Was beobachtest du?



2. Führe den Versuch wie bei 1. durch! Wenn du aber den Punkt erreichst, bei dem du den Text gerade noch scharf erkennen kannst, sage deinem Partner Bescheid. Er soll den Abstand zwischen deinen Augen und dem Text mit einem Lineal messen!

Trage deinen gemessenen Abstand ein: .....



3. Wie lassen sich die Beobachtungen aus Aufgabe 1 und 2 erklären? Lies dazu den Text!

Das Auge kann nahe und ferne Dinge nicht gleichzeitig scharf sehen. Es muss sich auf die verschiedenen Entfernungen einstellen. Dazu dient die elastische Augenlinse.

→ Beim Betrachten **ferner** Gegenstände wird die Augenlinse ganz flach und lang gestreckt:



→ Beim Betrachten **naher** Gegenstände krümmt sie sich zu einer fast kugeligen Form:



So kann die Augenlinse die nahen Gegenstände scharf stellen. Das funktioniert aber nur bis zu einem bestimmten Punkt, dem **Nahpunkt**. Gegenstände, die sich dichter vor dem Auge befinden als der Nahpunkt, sieht man verschwommen. Denn die Augenlinse kann sich nicht mehr stärker krümmen und so den Gegenstand nicht mehr scharf stellen.

Bei 10-jährigen Kindern liegt der Nahpunkt etwa bei 8 cm.

4. Mit einer Lupe kann man auch ganz nahe Gegenstände deutlich erkennen. Denn das Lupenglas (Linse) „übernimmt“ das Scharfstellen für die Augenlinse. Das kannst du ganz einfach überprüfen:
  - Halte einen Text so dicht vor das Auge, dass er unscharf erscheint.
  - Bleib in dieser Position und bringe mit der freien Hand eine Lupe zwischen Text und Auge. Anschließend entfernst du die Lupe wieder.
  - Vergleiche!

## Der Nahpunkt

Hausaufgabe:



- a) Finde heraus, welchen Nahpunkt deine Eltern und Großeltern haben. Sie dürfen aber keine Lesebrille benutzen! Trage deine Ergebnisse in die Tabelle ein!



Person	gemessener Nahpunkt



- b) Unterscheiden sich die Nahpunkte in der Tabelle deutlich von deinem Nahpunkt (siehe Seite 14, Aufgabe 2)?  
Vergleiche und kreuze an!
- ja ☐      nein ☐
- c) Wenn sich die Nahpunkte sehr stark unterscheiden, überlege, woran das liegen könnte! Oder frage doch mal deine Versuchspersonen!

## Warum kann man mit einer Lupe und Sonnenstrahlen ein Streichholz entzünden?



1. Folgende Versuche können dir helfen, eine Antwort zu finden.

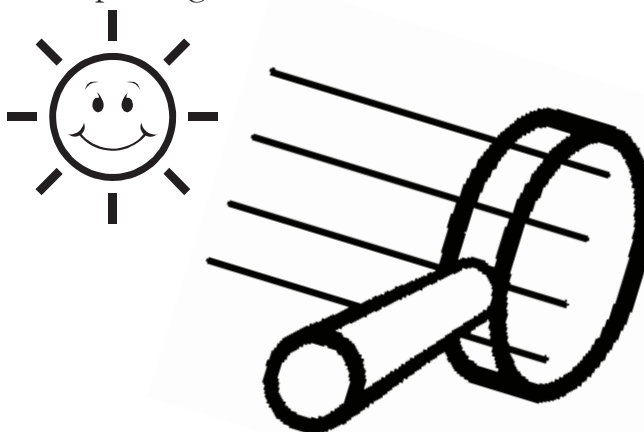
- Du brauchst eine Lupe, ein Blatt Papier und Sonnenschein.
- Halte die Lupe so ins Sonnenlicht, dass du die Lichtstrahlen auf dem Papier sehen kannst!
- Jetzt verändere den Abstand zwischen Papier und Lupe, bis auf dem Papier ein winziger, strahlender Punkt erscheint!
- Erzeuge diesen Lichtpunkt nun auf deiner Hand statt auf dem Papier. Aber **Vorsicht!!!** Was spürst du?




2. Lies den Text!

Die Lichtstrahlen treffen parallel auf das Lupenglas. Beim Hindurchtreten werden sie durch die besondere Form des Lupenglases **gebrochen**, also in eine andere Richtung abgelenkt: Und zwar so, dass sich die Lichtstrahlen **in einem Punkt schneiden**. Man sagt auch, die Lichtstrahlen werden in einem Punkt **gesammelt**. Die Lichtstrahlen der Sonne bringen uns nicht nur Licht, sondern auch Wärme. Deshalb kann es an der Stelle, wo die Lichtstrahlen gesammelt werden, so heiß werden, dass Dinge zu brennen anfangen. Man nennt diesen Punkt auch **Brennpunkt**.

3. Zeichne in das Bild, wie die Lichtstrahlen durch die Lupe gebrochen und im Brennpunkt gesammelt werden!



  
**Brennpunkt**

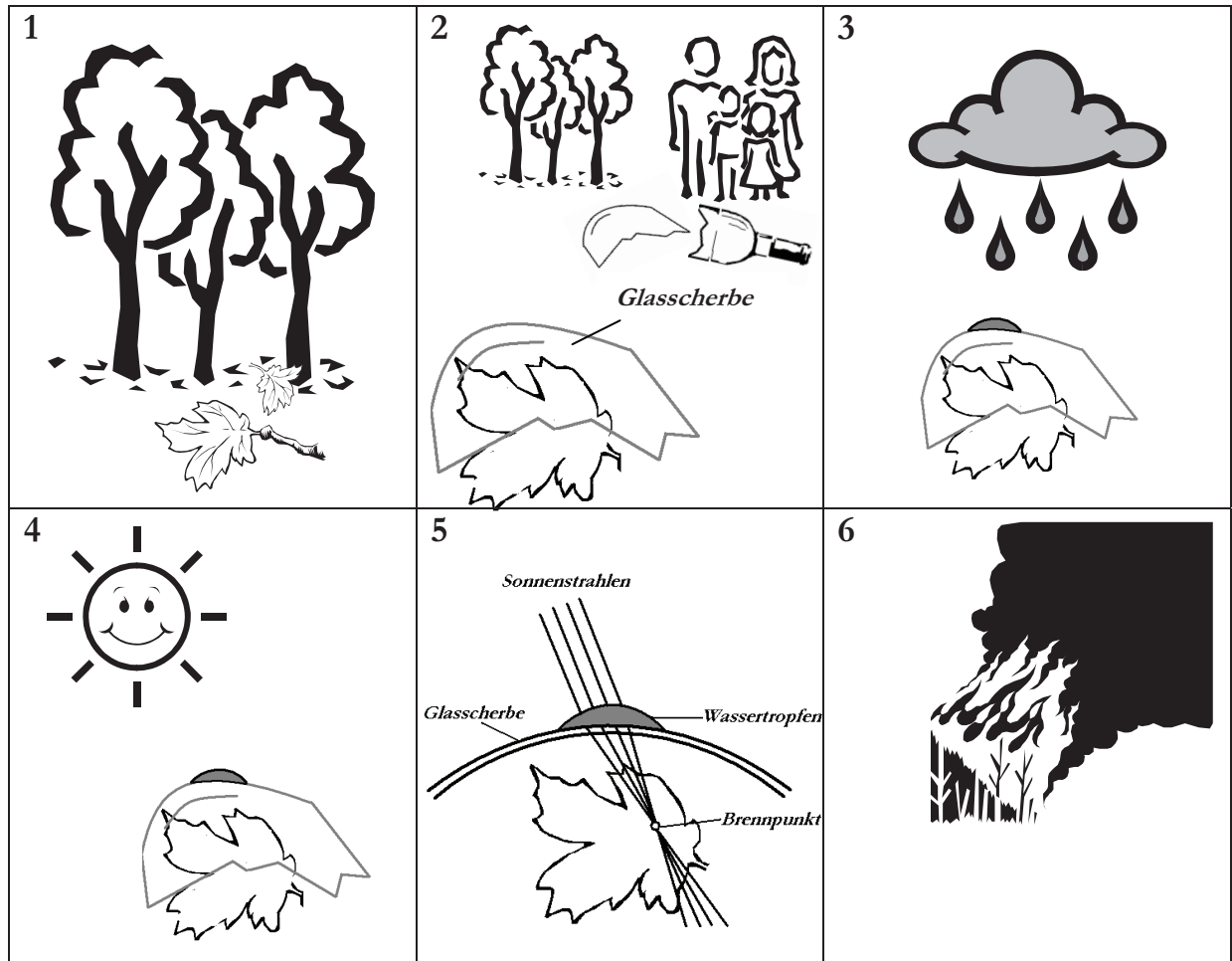
4. Versuche nun zu erklären, warum man ein Streichholz mit Sonnenstrahlen und einer Lupe entzünden kann!



## Wassertropfen und Glasscherben können Waldbrände entfachen!

- Wie kann es passieren, dass durch liegengelassene Glasscherben ein Waldbrand entsteht? Oft geschieht das nach einem Regenschauer.

Versuche mit Hilfe der Bilder zu erklären!



- Können Glasscherben oder Flaschen auch ohne Wassertropfen Brände auslösen? Begründe deine Antwort!
- Nur lichtdurchlässige Gegenstände mit einer ganz bestimmten Form können Sonnenstrahlen in einem Punkt sammeln und somit Feuer entfachen. Kreuze die richtigen Formen an!

a) ☐

d) ☐

b) ☐

e) ☐

c) ☐

f) ☐

## Der Sinnesparcours - Laufzettel

Schüler 1: .....

Schüler 2: .....

Kreuzt nacheinander an, welche Stationen ihr bereits belegt habt!

☐ STATION 1: Das Betrachten von Stoffen



☐ STATION 2: Das Erschmecken von Stoffen



☐ STATION 3: Das Erriechen von Stoffen



☐ STATION 4: Das Ertasten von Alltagsgegenständen

☐ STATION 5: Das Ertasten von mathematischen Körpern



☐ STATION 6: Das Ertasten von Stoffen unterschiedlicher Form

☐ STATION 7: Das Ertasten von Stoffen gleicher Form

☐ STATION 8: Die Schütteldose



☐ STATION 9: Welche Gegenstände zieht ein Magnet an?




☐ STATION 10: Leichter, schwerer oder gleich schwer?



## Welche Gegenstände zieht ein Magnet an?

1. Auf dem Tisch liegen verschiedene Gegenstände. Was vermutest du, welche werden wohl von einem Magneten angezogen? Kreuze an!

☐ Eisenschraube 

☐ Stein 

☐ Holzstück 

☐ Plastikknopf 


☐ Eisenkugel 

☐ Silberring 

☐ Aluminiumpapier 

☐ Glaskugel 

☐ Kupferdraht 

2. Wir Menschen haben kein Sinnesorgan, mit dem wir herausfinden können, ob Dinge magnetisch sind. Deshalb brauchen wir ein Magnet als Hilfsmittel. Nimm den Magnet und überprüfe damit, welche Gegenstände aus Aufgabe 1 tatsächlich vom Magneten angezogen werden! 

Welche Gegenstände wurden vom Magneten angezogen? Schreibe sie auf!

.....

3. Lies die Erklärung und ergänze das fehlende Wort!

Metall ist nicht gleich Metall! Denn es gibt verschiedene Metalle, zum Beispiel Eisen, Aluminium, Silber und Kupfer. Nicht alle Metalle sind magnetisch. Nur Gegenstände, die aus ..... sind, werden von einem Magneten angezogen.

4. Manche Dinge sehen nicht so aus, als ob sie aus Eisen wären: Sie sind gold-, silber- oder kupferfarben und werden trotzdem vom Magnet angezogen. Diese Dinge sind dann aus Eisen und haben einen anderen Überzug.

Nimm den Magnet und überprüfe, welche Geldstücke Eisen enthalten. Kreuze in der Tabelle an!

enthält:	1 Cent	2 Cent	5 Cent	10 Cent	20 Cent	50 Cent
Eisen						
<u>kein</u> Eisen						

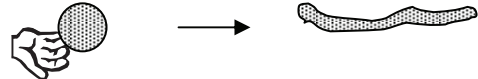
## Leichter, schwerer oder gleich schwer?

1. Betrachte die Balkenwaage und lies dann folgenden Text!

Auf jeder Balkenschale liegt eine Knetkugel. Der Balken ist gerade.  
Das zeigt: Beide Knetkugeln sind gleich schwer. Man sagt dann:  
**Die Balkenwaage ist im Gleichgewicht.**



2. Nimm nur eine Knetkugel von der Waage herunter! Forme jetzt aus dieser Knetkugel eine Schlange!



Was vermutest du? Ist die Knetschlange schwerer geworden, leichter oder ist sie gleich schwer geblieben? Kreuze an!

**(Die Schlange noch nicht auf die Waage legen!)**

**Vermutung:**

☐ schwerer

☐ leichter

☐ gleich schwer



3. Überprüfe nun mit der Balkenwaage, ob deine Vermutung richtig war! Lege die Schlange mit dem ganzen Körper auf die Balkenschale. Die Schlange darf nicht die Tischplatte berühren!

Was hast du beobachtet? Kreuze an!

**Beobachtung:**

☐ schwerer

☐ leichter

☐ gleich schwer



4. Ergänze den Lückentext! Suche dazu die richtigen Wörter oder Wortgruppen aus!

Für den ersten Satz: *Masse* oder *Form*

Für den zweiten Satz: *wird kleiner*, *wird größer* oder *bleibt erhalten*

Durch Umformen, Zusammendrücken oder Teilen wird die .....

eines Körpers nicht verändert. Man sagt: Die Masse .....





1. Wodurch unterscheiden sich Körper (Gegenstände) und Stoffe?  
Informiere dich im folgenden Text!

„Die Begriffe **Körper** und **Stoff** begegnen uns immer wieder in der Alltagssprache. Unter einem **Körper** versteht man zum Beispiel den Körper eines Menschen. Wir reden auch von Heizkörpern und Fremdkörpern. Aus **Stoff** wird Kleidung hergestellt. Wir sprechen auch von Klebstoff, Farbstoff, Treibstoff oder dem Lernstoff in der Schule.

Viele Begriffe haben in der Alltagssprache eine andere Bedeutung als in den Naturwissenschaften. Das gilt auch für die Begriffe **Körper** und **Stoff**.

In den Naturwissenschaften bezeichnet man alle Gegenstände und Lebewesen als Körper. Zu den **Körpern** gehören zum Beispiel Büroklammern, Bleistifte, Kugeln, Nägel, Bücher, Blätter von Bäumen und Tiere.

Jeder Körper besteht aus irgendeinem Material. In den Naturwissenschaften werden die Materialien, aus denen Körper bestehen, **Stoffe** genannt. Der Körper **Tasse** besteht zum Beispiel aus dem Stoff **Porzellan**, der Körper **Schraube** aus dem Stoff **Eisen** oder der Körper **Tisch** aus dem Stoff **Holz**.

Folgendes Beispiel kann dir die unterschiedliche Bedeutung von Körper und Stoff aufzeigen. In Containern für Altglas werden gebrauchte **Flaschen** und **Gläser** gesammelt – also einzelne **Körper**. Die Körper werden nicht wieder verwendet, wohl aber der **Stoff**, aus dem sie bestehen, nämlich **Glas**.

Aus dem Stoff Glas können wieder neue Produkte, also Körper, hergestellt werden.“

(Text leicht verändert nach:

<http://www.hofenfels.de/contento/cms/upload/pdf/Physik/KorperundihreEigenschaften.pdf>)



B1



B2



B3

„Glas ist ein toller Stoff: Aus den Scherben kann man wieder neue Gläser und Flaschen herstellen. Ein Lastwagen bringt das Altglas in eine Fabrik. Dort läuft das Glas nach Farben getrennt über viele Fließbänder. Es wird so lange gesäubert und bearbeitet, bis man wieder neues Glas daraus machen kann. ‚Recycling‘ sagt man dann dazu.“

(Text und Bilder 1, 2 und 3: <http://www.wdrmaus.de/sachgeschichten/altglas/>)

2. Ergänze die Merksätze!

Gegenstände nennt man auch .....

Die Materialien, aus denen Gegenstände bestehen, nennt man auch .....





## Körper und Stoffe

3. Unterstreiche in den Wörtern mit einem blauen Stift den Teil des Wortes, der die Art des Gegenstandes beschreibt! Unterstreiche mit einem roten Stift den Teil des Wortes, der den Stoff beschreibt, aus dem dieser Gegenstand besteht!

HolzLöffel 

Silberring 

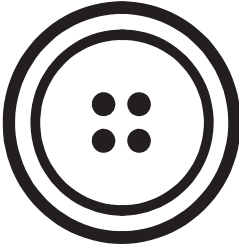
Kerzenwachs 

Stahlschiff 

Fensterglas 

Kupferdraht 

4. **Körper** erkennt man an der **Form**. Zeichne in die Kästchen unterschiedliche Körper aus deinem Alltag! Schreibe auf, aus welchem Stoff der Körper zum Beispiel besteht!

 <i>Knopf aus Kunststoff (Plastik)</i>	



5. Stoffe kann man nicht an der Form erkennen. Stoffe erkennt man an Stoffeigenschaften.  
An welchen Eigenschaften hast du die verschiedenen Kugeln erkannt? Trage sie in die Tabelle ein!

Stoffeigenschaften	Holzkugel	Glaskugel	Knetkugel	Metallkugel
Oberfläche	.....	.....	.....	.....
Härte	.....	.....	.....	.....
Verformbarkeit	.....	.....	.....	.....
Farbe	.....	.....	.....	.....
Glanz	.....	.....	.....	.....
Transparenz	.....	.....	.....	.....

6. Körper können aus unterschiedlichen Stoffen bestehen.

Aus welchen Stoffen können die abgebildeten Gegenstände bestehen? Schreibe neben die Bilder mindestens zwei Beispiele!



Ball



Tasse



Löffel

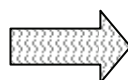
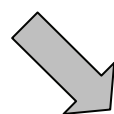


1. Ergänze die Übersicht!

Stoffe können in verschiedenen

.....

vorliegen.



	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Beispiele:	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Merkmale:	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....



# Kohlenstoff – ein vielfältiger Stoff

1. Lies den Text!

Kohlenstoff ist ein Stoff, den du ganz bestimmt schon kennst. Aber wahrscheinlich unter anderen Namen. Denn Kohlenstoff kann in verschiedenen Formen auftreten. Und jede Form hat ihre eigene Bezeichnung.

Schau dir die Übersicht genau an! Dann weißt du, welcher Stoff gemeint ist.



2. Obwohl sich die verschiedenen Formen von Kohlenstoff etwas im Aussehen unterscheiden, haben sie doch gleiche Stoffeigenschaften. Zähle die gemeinsamen Eigenschaften auf!

.....

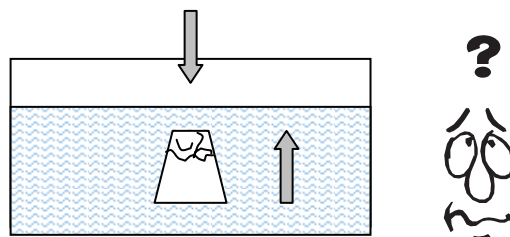
2. Kohlenstoff ist ein sehr wichtiger Stoff in unserem Leben. Trage in die rechte Spalte ein, wozu die jeweiligen Formen von Kohlenstoff verwendet werden!

Kohlenstoff in Form von:	Verwendung:
Kohle	.....
Grillkohle	.....
Zeichenkohle	.....
Kohletabletten	.....



## Leeres Glas?

1. Obwohl das Glas mit dem Papiertuch ganz unter Wasser getaucht wurde, blieb das Papiertuch trocken! Warum? Schreibe deine Vermutung auf!



.....

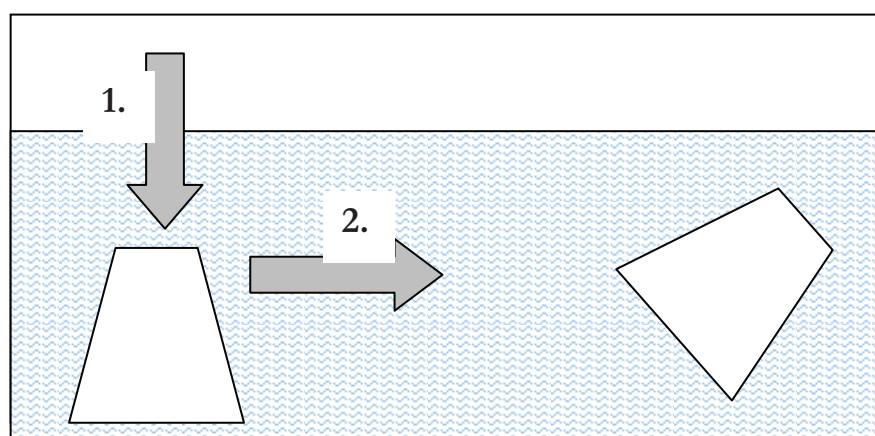
.....

.....

2. Folgender Versuch kann dir zeigen, ob deine Vermutung richtig war:

- Drücke das Glas (ohne Papiertuch) mit der Öffnung nach unten, senkrecht unter Wasser!
- Ist das Glas auf dem Boden der Schüssel angekommen, bringe es in Schräglage! Beobachte!

3. Zeichne deine Beobachtung ins Bild ein!



4. Ergänze den Lückentext!



Das Papiertuch ist trocken geblieben, weil das Glas voll mit ..... war.

Wenn die Luft nicht aus dem Glas herausgelassen wird, kann kein .....

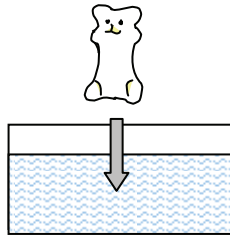
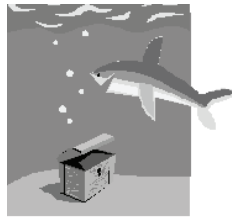
eindringen. Denn auch Luft ist ein Stoff, der ..... braucht.





## Gummibärchen-Taucher

1. Ein Gummibärchen möchte tauchen, ohne nass zu werden. Wie kann es das schaffen? Probiere deine Ideen aus!



Folgende Materialien darfst du benutzen:



Glas

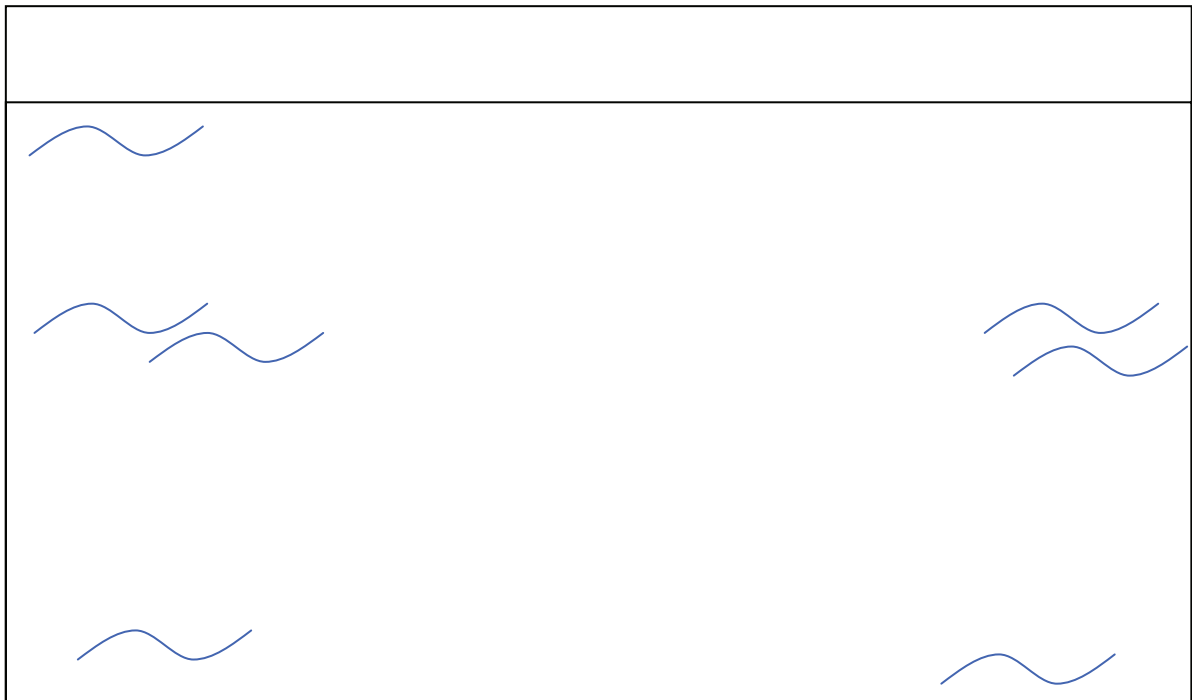


Teelichtgehäuse



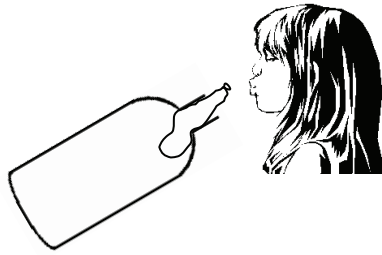
Wattebausch

2. Zeichne deine Lösung mit Bleistift in das Bild ein!



## Ist die Flasche wirklich leer? (I)

1. Nimm eine leere Flasche mit einer größeren Öffnung, z.B. eine Milchflasche! Versuche einen Luftballon in der Flasche aufzupusten!



2. Warum gelingt es einem nicht, den Luftballon in der Flasche aufzupusten? Schreibe deine Vermutung auf!



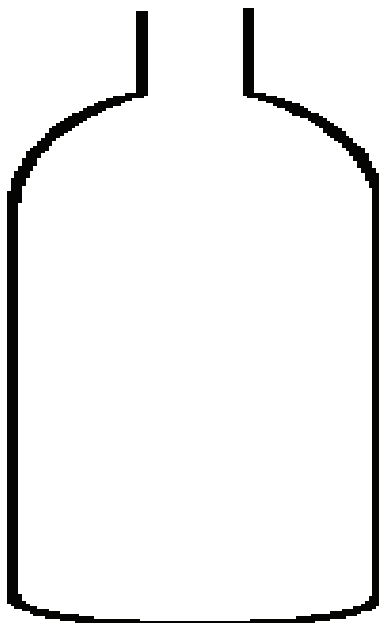
.....

.....

.....

3. Hast du eine Idee, wie man das Problem lösen könnte? Probiere sie aus!

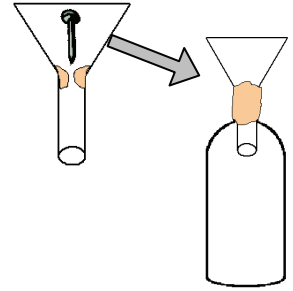
Zeichne deine Lösung mit Bleistift in das Bild ein!



## Ist die Flasche wirklich leer? (II)

1. Führe folgenden Versuch durch! Zur Vorbereitung brauchst du eine Plastikflasche, einen Trichter, Knete und etwas Spitzes, z.B. eine Nadel.

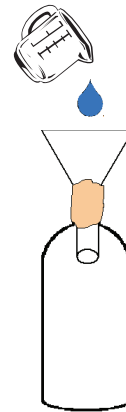
- Zuerst musst du das Trichterrohr innen stark verengen. Dazu steckst du ein Stück Knete in das Rohr und pickst mit einer Nadel ein kleines Loch hinein.



- Dann setzt du den Trichter auf eine kleine Plastikflasche und dichtet die Stelle, wo Trichter und Flaschenöffnung aufeinander treffen, von außen mit Knete luftdicht ab.  
(Tipp: Forme ein Stück Knete zu einer Wurst. Lege sie von außen um das Trichterrohr. Jetzt setzt du den Trichter vorsichtig, aber fest auf die Flaschenöffnung. Verstreiche die Knete so, dass sie an Trichter und Flaschenhals eng anliegt.)

Jetzt geht es los:

- Halte mit einer Hand die Flasche fest!
- Gieße den Trichter in einem Schwung mit Wasser voll und beobachte!



2. Warum hört es nach einiger Zeit auf zu tröpfeln?  
Wie könntest du das Wasser zum Fließen bringen? Probiere es aus!



3. Wenn du das Blatt drehst, kannst du die Erklärung lesen.



Nach einiger Zeit tröpfelt kein Wasser mehr in die Flasche, weil in der Flasche kein Platz ist. Sie ist nämlich voll mit Luft. Wenn du mit beiden Händen die Flasche etwas zusammenrückst, kannst du oben im Trichter Luftblasen sehen. Du hast Luft aus der Flasche gedrückt. Nun ist in der Flasche etwas Platz freigeworden und Wasser kann wieder in die Flasche hineinfließen.



## Steckbrief von .....

1. Lies das Gedicht! Welcher Stoff ist wohl gemeint? Ergänze die Überschrift!



### Was ist das?

Du kannst es nicht sehen,  
du spürst es beim Gehen.  
Es hüllt dich ganz ein,  
du kannst nur kurze Zeit  
ohne es sein.  
Auch Tiere und Pflanzen  
könnten nicht leben,  
würde es nicht genug  
davon geben.



*(mündlich überliefert)*

2. Fertige zu diesem Stoff einen Steckbrief an!

### Steckbrief von .....




Farbe: .....

Transparenz: .....

Geruch: .....

Aggregatzustand: .....

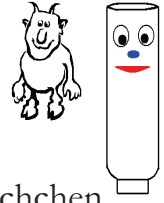
3. Körper (Gegenstände) bestehen aus Stoffen. Da es feste, flüssige und gasförmige Stoffe gibt, können auch Körper fest, flüssig oder gasförmig sein. Ergänze dazu Beispiele in der Tabelle!

feste Körper	flüssige Körper	gasförmige Körper
Schlüssel 	Tee in der Kanne 	Luft im Luftballon 
.....	.....	.....
.....	.....	.....

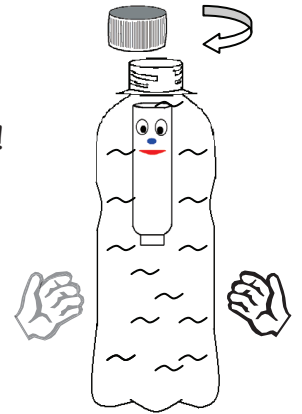


## Das „Flaschenteufelchen“

1. So kannst du dir ganz einfach ein „Flaschenteufelchen“ basteln:



- Nimm ein leeres Parfümproben-Röhrchen oder Back-Aroma-Fläschchen. Das soll dein Teufelchen sein. Du kannst es auch lustig verzieren.
- Fülle eine kleine Plastikflasche **randvoll** mit Wasser!
- Setze dann das Glasröhrchen mit der **Öffnung nach unten** in das Wasser und schraube den Flaschendeckel fest zu!
- Drück mit beiden Händen auf die Wände der Plastikflasche! Halte kurz gedrückt und lass dann wieder los!

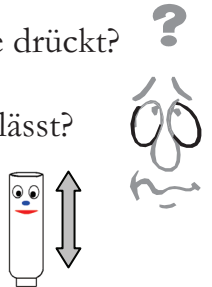


Was passiert mit dem „Flaschenteufelchen“?

2. Warum sinkt das „Flaschenteufelchen“, wenn man auf die Flasche drückt?

Und warum steigt es wieder nach oben, wenn man die Flasche loslässt?

Versuche diese Beobachtungen zu erklären:



.....

.....

.....

.....

.....

.....





## Das „Flaschenteufelchen“

3. Was passiert mit der Luft im „Flaschenteufelchen“, wenn Wasser hineinkommt? Was vermutest du?

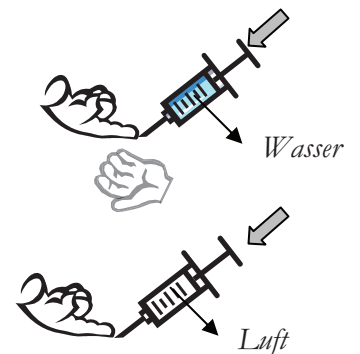


.....

.....

4. Folgende Versuche können dir helfen, eine Antwort zu finden. Du brauchst eine Plastikspritze ohne Nadel.

- Fülle die Spritze ganz mit **Wasser**!
- Halte mit dem Finger oder der Handfläche die Öffnung der Spritze zu und drücke auf den Kolben.
- Drücke alles Wasser wieder aus der Spritze heraus.
- Ziehe den Kolben der Spritze nach oben, so dass sie sich ganz mit **Luft** füllt.
- Halte die Öffnung der Spritze wieder zu und versuche, den Kolben hineinzudrücken!



**Vergleiche deine Beobachtungen aus beiden Versuchen! Hast du einen Unterschied bemerkt?**

5. Ergänze den Lückentext!



Drückt man auf die Flasche, dann ..... das „Flaschenteufelchen“.

Denn durch den Druck kommt ..... hinein und das

Röhrchen wird .....



Die ..... in dem Röhrchen wird zusammengedrückt. Man sagt auch:

Luft lässt sich **komprimieren**. Lässt man die Flasche los, dann dehnt sich die Luft wieder aus und drückt das ..... aus dem Röhrchen.

Das „Flaschenteufelchen“ wird leichter und steigt nach .....



## Der Mensch nutzt die Luft im Alltag

1. Luft lässt sich zusammendrücken! Nenne Beispiele aus dem Alltag, bei denen der Mensch diese Eigenschaft der Luft nutzt!

.....

.....

.....

.....

2. Früher hatten Fahrzeuge oft Reifen aus Holz oder Gummi. Heute haben die meisten Fahrzeuge **luftgefüllte** Gummireifen. Versuche, eine Erklärung dafür zu finden!

.....

.....

.....

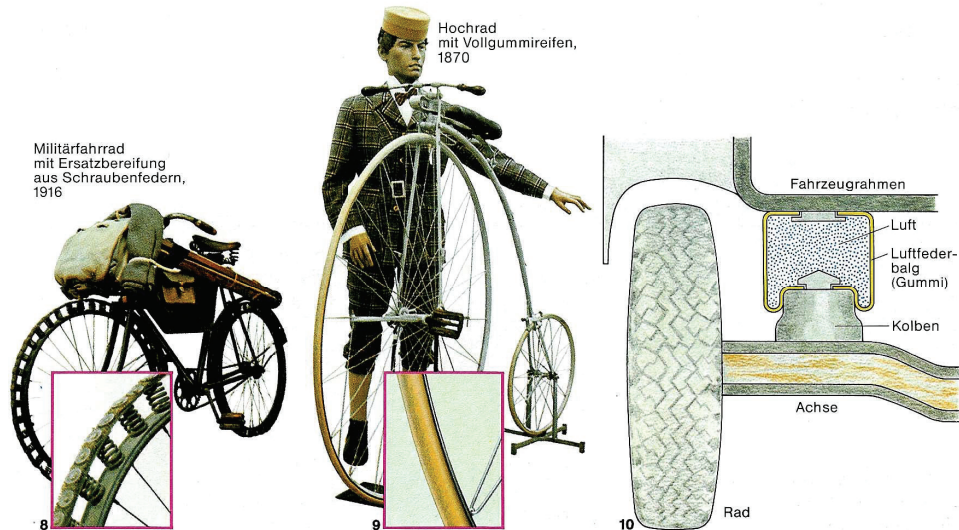


Bild: Physik für die Sekundarstufe I. Länderausgabe 0, Teilbände 1.1. und 1.2.. Berlin: Cornelsen Verlag, 1991.

3. Reisebusse sind oft „luftgefedert“ (Bild 10). Warum kann man die Luft nicht einfach durch Wasser ersetzen?

.....

.....

.....



## Hat Luft eine Masse?

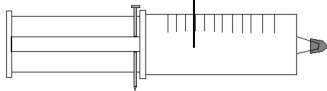
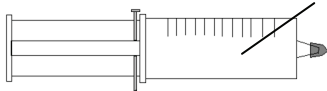
1. Du weißt bereits, dass Luft ein gasförmiger Stoff ist, der Eigenschaften besitzt und Platz braucht. Aber wiegt Luft auch etwas?  
Kreuze deine Vermutung an!

- ☐ Ja, Luft wiegt etwas. Luft hat also eine Masse.  
☐ Nein, Luft wiegt nichts. Luft hat also keine Masse.



2. Mit einem Experiment wird überprüft, ob die Vermutung richtig ist oder nicht: Dazu wird eine Spritze zunächst ohne Luft und anschließend mit Luft gewogen.  
Trage die beiden Messergebnisse in die Tabelle ein!

### Beobachtung

a) Spritze <u>ohne</u> Luft	b) Spritze <u>mit</u> Luft
<p style="text-align: center;"><i>ohne Luft (leerer Raum = Vakuum)</i></p>  <p><b>Masse:</b> .....</p>	<p style="text-align: center;"><i>mit Luft</i></p>  <p><b>Masse:</b> .....</p>

### Auswertung

- a) Vergleiche die beiden gemessenen Massen miteinander! Beschreibe, was du feststellst!

.....  
 .....

- b) Jetzt kannst du die Frage beantworten. Hat Luft eine Masse oder nicht?  
Kreuze an!

- ☐ Ja, Luft hat eine Masse.                      ☐ Nein, Luft hat keine Masse.



## Hat Luft eine Masse?

3. Lies den Text!

Jeder Körper hat eine Masse. Beispiele:

Haar: 0,00001 g



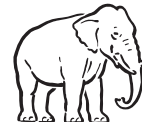
1 Liter Wasser: 1 kg



Auto: 1000 kg



Elefant: 20 000 kg



Auch Luft in einem Ballon, einer Flasche oder in einer Spritze ist ein Körper.

Luft hat eine Masse: 1 Liter Luft wiegt ungefähr 1,3 Gramm.



4. 1 Liter Luft hat eine Masse von ungefähr 1,3 Gramm. Stimmt dieser Wert mit dem Ergebnis des Experimentes aus Aufgabe 2 überein?

a) Überlege, wie man das herausfinden kann! (Tipp: In der Spritze wurden 100 ml Luft gewogen. 1 Liter Luft = 1000 ml Luft)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b) Woran könnte es liegen, wenn der Wert aus dem Experiment etwas abweicht? Überlege, welche Fehlerquellen bei der Durchführung des Versuches auftreten können!



# Kontrolle

1. Ordne folgenden Stoffen den richtigen Aggregatzustand zu!  
Schreibe dazu in die Kästchen für den Aggregatzustand:

fest **A**

flüssig **B**

gasförmig **C**



Wasser

☐


Holz

☐


Luft

☐


Zucker

☐


Öl

☐


Eisen

☐





Knete

☐


Essig

☐

2. Auf den Bildern siehst du verschiedene Gegenstände. Schreibe unter die Bilder jeweils die Stoffe, aus denen diese Gegenstände bestehen!

		
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....





## Warum sprudelt es beim Auflösen einer Brausetablette?

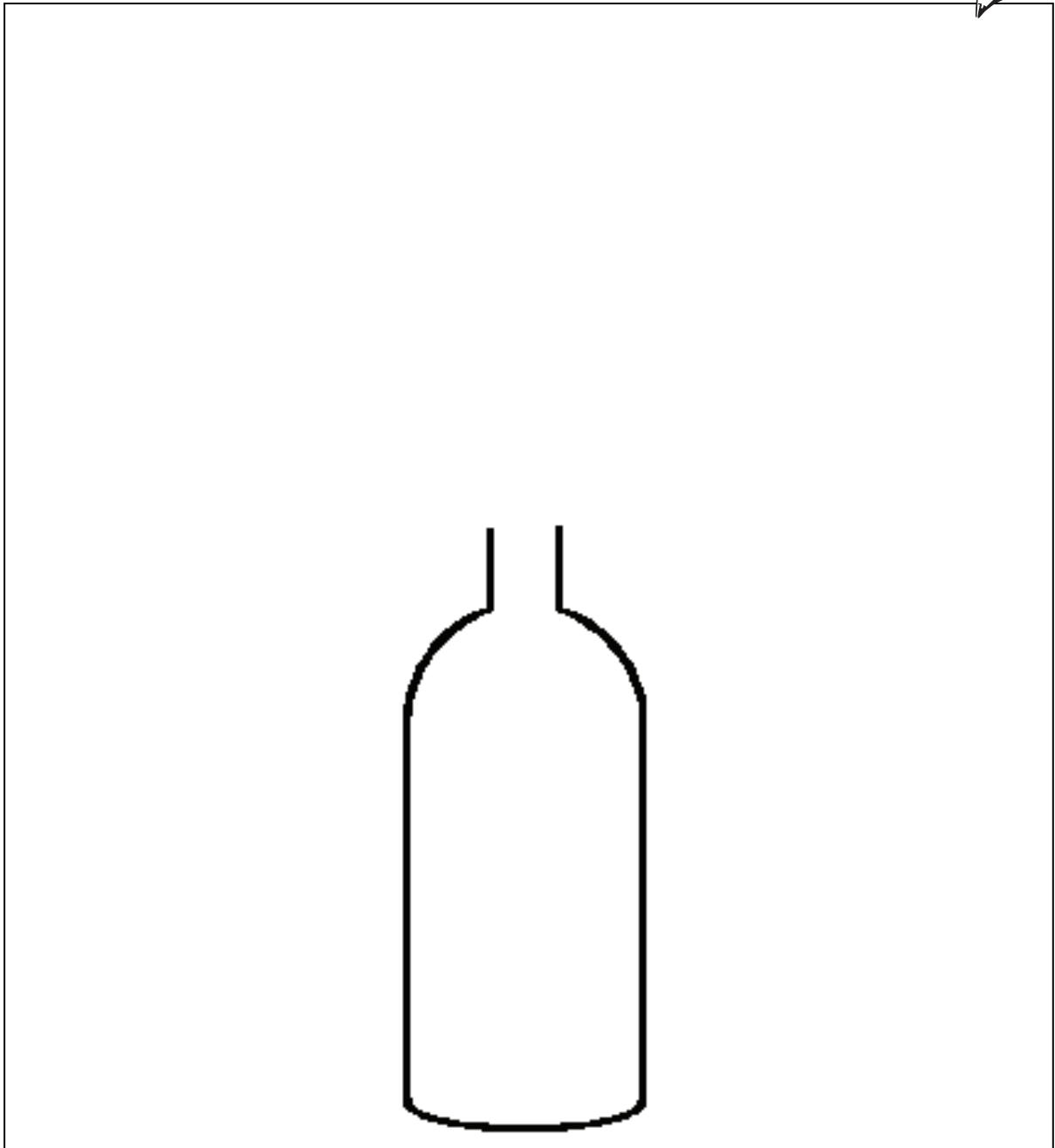
1. Führe folgenden Versuch durch! Du brauchst eine leere, durchsichtige Flasche (z.B. Getränkeflasche), 3 Brausetabletten, einen Luftballon und ein Kännchen Wasser.



- Gib alle drei Brausetabletten in die leere Flasche!
- Nun kippst du mit dem Kännchen etwas Wasser in die Flasche.
- Jetzt stülpest du zügig einen Luftballon über die Flaschenöffnung.  
(Tipp: Probiere das Überstülpen des Luftballons vor dem Versuch aus.)

### Was geschieht in der Flasche und mit dem Luftballon?

2. Zeichne deine Beobachtungen mit Bleistift in die Abbildung!



## Warum sprudelt es beim Auflösen einer Brausetablette?

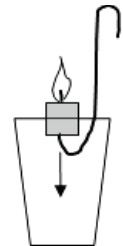
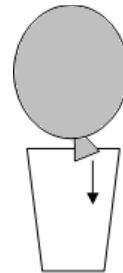
3. Was befindet sich im Luftballon auf der Flasche? Notiere deine Vermutung!

?

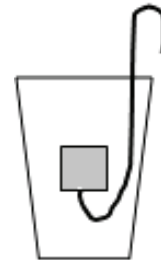
.....

4. Führe folgendes Überprüfungsexperiment durch! Du brauchst den gefüllten Luftballon aus dem vorherigen Versuch, ein etwas höheres Glas, eine Kerze mit einem Draht als Halterung und einen Feueranzünder.

- Drehe den Luftballon auf der Flasche an der Öffnung ein und halte die Öffnung mit den Fingern zu!
- Löse den Ballon von der Flasche. Halte dabei die Öffnung des Ballons geschlossen.
- Halte die Ballonöffnung in das Glas und lass den Inhalt des Ballons vorsichtig in das Glas strömen. Beobachte!
- Nun zündest du die Drahtkerze an und hältst sie in das offene Glas. Was beobachtest du?



5. Zeichne deine Beobachtung mit Bleistift in die Abbildung!



6. Was befand sich im Luftballon? Nutze deine eben gemachten Beobachtungen und schreibe auf, ob deine Vermutung in Aufgabe 3 richtig war oder nicht! Begründe deine Entscheidung!

?

.....

.....

.....

.....



## Warum sprudelt es beim Auflösen einer Brausetablette?

7. Der Stoff, der das Sprudeln beim Auflösen einer Brausetablette verursacht, heißt **Kohlendioxid**. Im Alltag spricht man auch oft von Kohlensäure. Kohlensäure entsteht, wenn sich **Kohlendioxid** in Wasser löst.

Welche Eigenschaften hat Kohlendioxid?

Fülle dazu folgenden Steckbrief aus! Bist du dir unsicher, schreibe zunächst mit Bleistift.

Steckbrief von Kohlendioxid		
Farbe:	.....	
Transparenz:	.....	
Geruch:	.....	
Wirkung auf Feuer:	.....	
leichter oder schwerer als Luft:	<input type="checkbox"/> leichter	<input type="checkbox"/> schwerer
Aggregatzustand:	.....	

8. Überlege, wie man mithilfe eines Experimentes herausfinden kann, ob Kohlendioxid leichter oder schwerer als Luft ist. Schreibe deine Idee auf! Du kannst auch auf der Rückseite des Blattes eine Zeichnung anfertigen und diese beschriften.

.....

.....

.....

.....

.....



## Wo kommt Kohlendioxid noch vor?

1. Nur mit den Augen lassen sich Kohlendioxid und Luft nicht unterscheiden. Oft ist es aber sehr wichtig zu wissen, um welchen Stoff es sich handelt. Naturwissenschaftler führen dann Experimente zum **Nachweisen** eines Stoffes durch. Bei der Polizei nennt man das „Beweise finden“. Kohlendioxid kann man mit **Kalkwasser** nachweisen. Dazu muss Kohlendioxid direkt in das Kalkwasser eingeleitet werden.



Ergänze den Text!

Kalkwasser ist farblos und .....

Leitet man Kohlendioxid in das Kalkwasser ein, so färbt sich das Kalkwasser

.....



2. Überprüfe mithilfe von Kalkwasser, ob Kohlendioxid auch für das Sprudeln anderer Getränke, z.B. Mineralwasser, Brause oder Cola verantwortlich ist! Plane dazu ein Experiment. Fertige eine Zeichnung an und beschrifte!





1. Stell dir vor, du bist Forscher und sollst eine Rakete entwickeln. Zunächst baust du den Raketenkörper aus einer Fotodose nach folgender Anleitung:

## Materialien

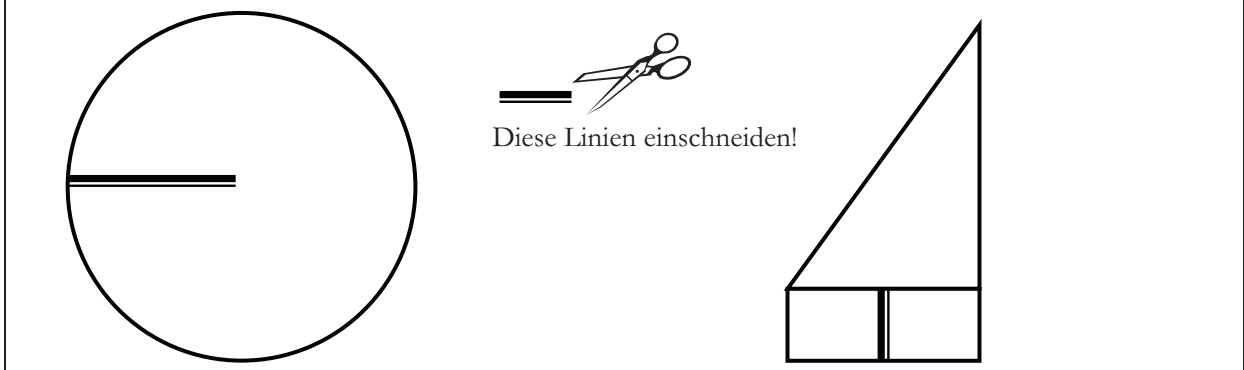
- 1 leere Fotodose (Der Deckel muss fest schließen. Teste die Fotodose vorher!),
- Schere, 
- Klebestreifen, 
- Pappe.

## Bauanleitung

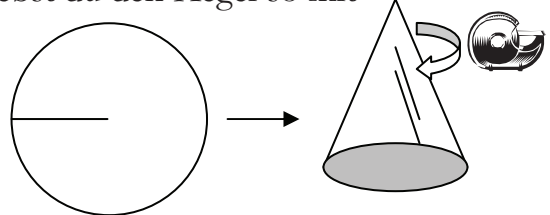
- Schneide die beiden Bilder aus und nutze sie als Schablonen. Dazu legst du sie auf ein Stück dünne Pappe, ummalst sie mit einem Stift und schneidest die Formen aus! (**Bild 1** wird die Raketenspitze; **Bild 2** werden die drei Leitwerke)

**Bild 1** (1-mal aufmalen und ausschneiden)

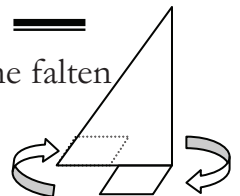
**Bild 2** (3-mal aufmalen und ausschneiden)



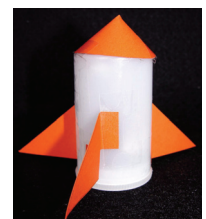
- Falte den Kreis zu einem Kegel! Nun beklebst du den Kegel so mit Klebestreifen, dass er seine Form behält!



- Nun werden die drei Leitwerke vorbereitet: Nachdem du diese Linien schon eingeschnitten hast, kannst du jetzt das eine Rechteck nach vorne falten und das andere Rechteck nach hinten.



- Jetzt befestigst du Raketenspitze und Leitwerke mit Klebestreifen an der Fotodose. Dazu muss die Fotodose geschlossen sein und die Seite mit dem Deckel nach unten zeigen. Achte beim Bekleben darauf, dass der Deckel **nicht** zugeklebt wird!

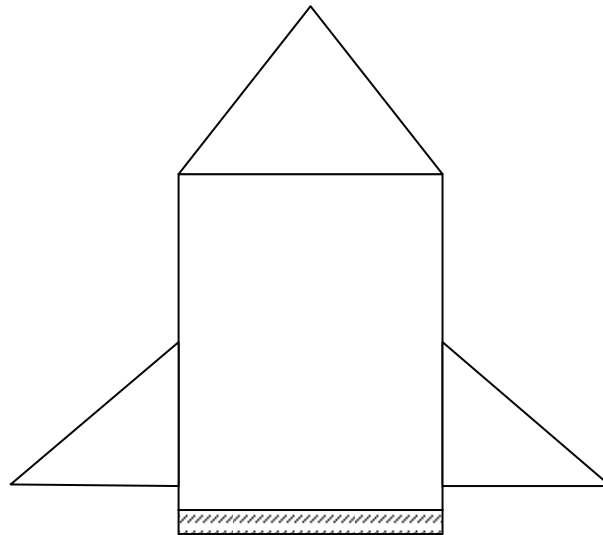






2. Hast du eine Idee, wie oder womit man die Fotodosen-Rakete jetzt starten lassen könnte?

Zeichne deinen Plan in das Bild ein und beschrifte! Passt dein Plan nicht in diese Abbildung, dann kannst du das freie Kästchen darunter nutzen.



## Silvesterknaller mit Brausetabletten



1. Ein Silvesterknaller ohne Feuer. Geht das? Na, klar!  
Lies die folgende Versuchsdurchführung und probiere sie aus!

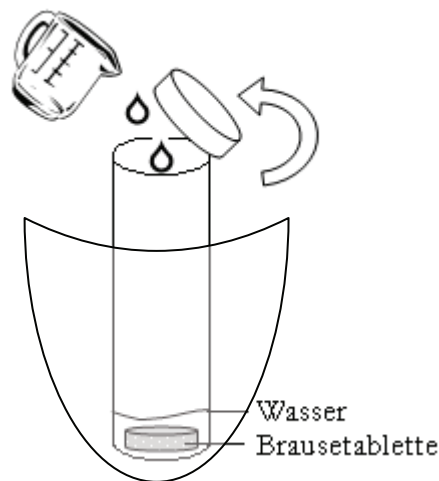
### Durchführung

- Nimm ein leeres Brausetablettenröhrchen und fülle mit einem Kännchen etwas Wasser hinein!
- Stell das Röhrchen in einen offenen Behälter! So bleibt der Fußboden sauber, wenn das Röhrchen umkippen sollte.
- Gib eine Brausetablette in das Röhrchen und verschließe es schnell mit dem Deckel!
- Beobachte von der Seite! Achtung: Den Kopf nicht über das Röhrchen halten.



### Tipp

Halte mehrere Deckel bereit und verschließe das Röhrchen so schnell wie möglich nach jedem Abschuss. Wie viele Deckel kannst du hintereinander abschießen?



2. Warum fliegt der Deckel hoch? Erkläre diese Beobachtung!

.....

.....

.....

.....

.....



## Wie lässt sich Wasser in die drei Aggregatzustände umwandeln?

1. Schneide alle Bilder und Begriffe aus!



**EIS**

**sieden**



**schmelzen**



**WASSER**

**WASSER-  
DAMPF**

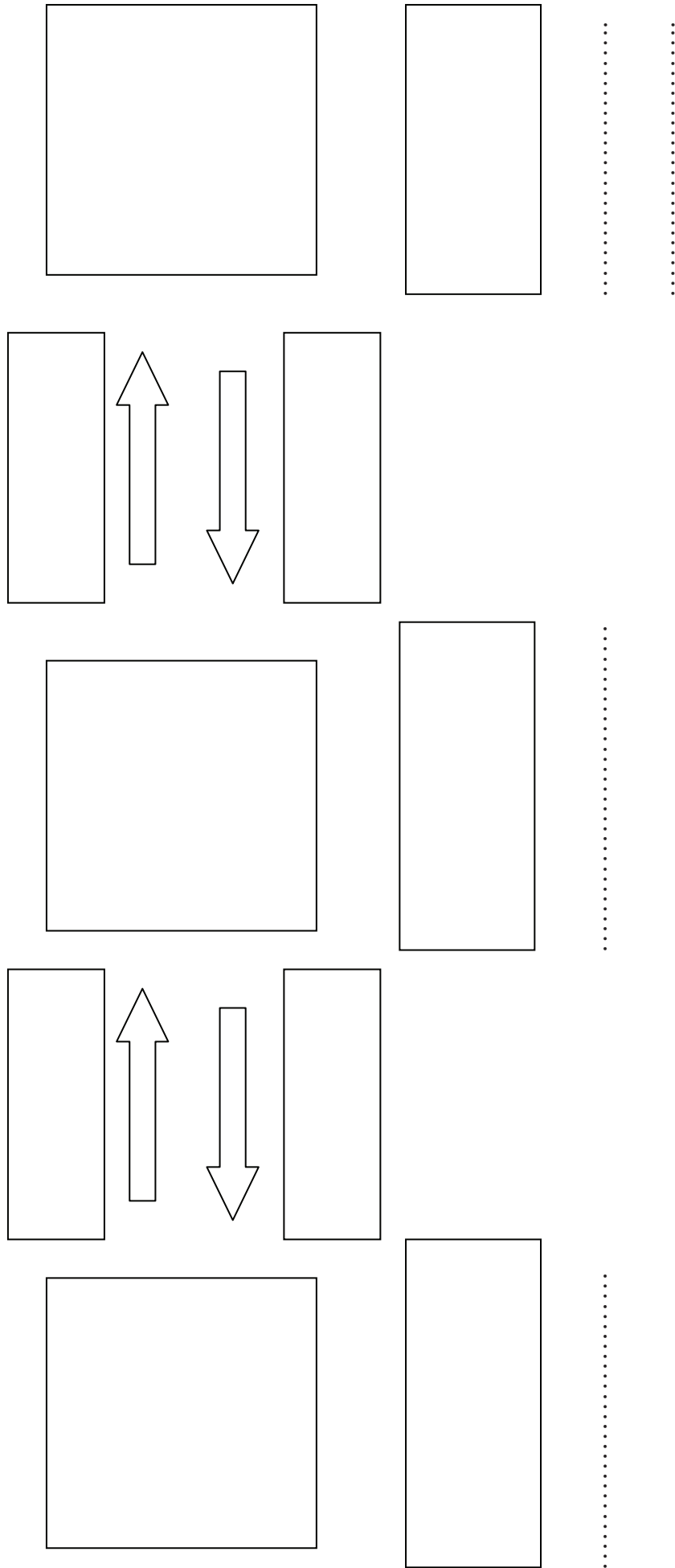
**gefrieren  
(erstarren)**

**kondensieren  
(verflüssigen)**



## Wie lässt sich Wasser in die drei Aggregatzustände umwandeln?

2. Klebe die Begriffe und Bilder richtig in die Übersicht ein! Sie soll zeigen, wie Wasser sich verwandeln kann.



3. Male in der Übersicht die Pfeile so aus, dass folgende Bedeutung erkennbar wird:  
**roter Pfeil = Wärmezufuhr**      **blauer Pfeil = Wärmeentzug (Abkühlung)**
4. Ergänze in der Übersicht die drei Aggregatzustände des Wassers! Nutze zum Schreiben die gepunkteten Linien.




# Wir üben das Ablesen der Temperatur

1. Schau dir die Abbildungen genau an! Lies den Text dazu!


## Das Thermometer:

Grad Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ )

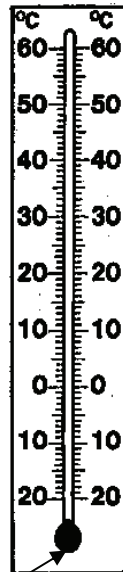
Gradeinteilung  
oder Skala

über  $0^{\circ}\text{C}$ :   
plus (+)

$0^{\circ}\text{C}$   $\longrightarrow$

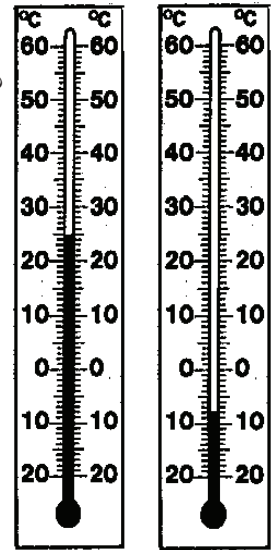
unter  $0^{\circ}\text{C}$ :   
minus (-)

Glasröhrchen mit  
Flüssigkeit



## So liest man die Temperatur ab:

1. Prüfe: Wie hoch steht die Flüssigkeit im Glasröhrchen?
2. Lies die Zahl ab!  
Dabei müssen sich deine Augen in gleicher Höhe zur Flüssigkeit befinden.

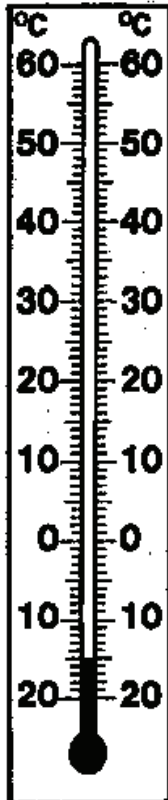


$25^{\circ}\text{C}$

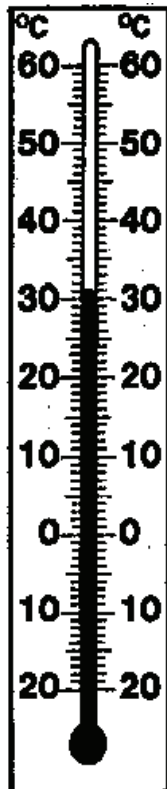
$-8^{\circ}\text{C}$

Beispiele:

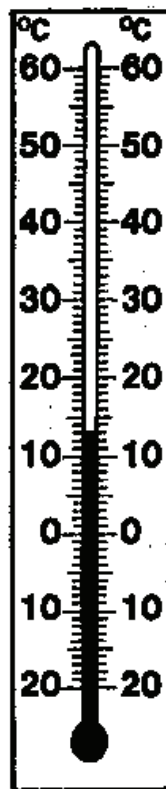
2. Schreibe unter jedes Thermometer die Temperatur, die angezeigt wird!



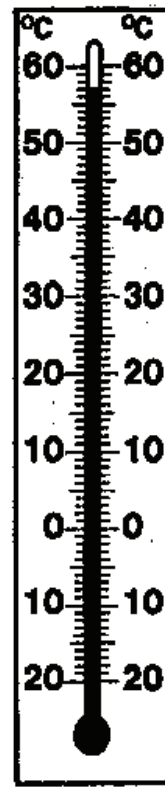
a).....



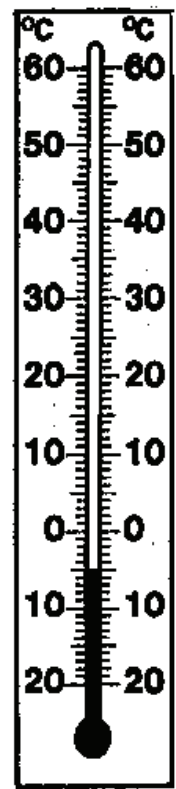
b).....



c).....



d).....

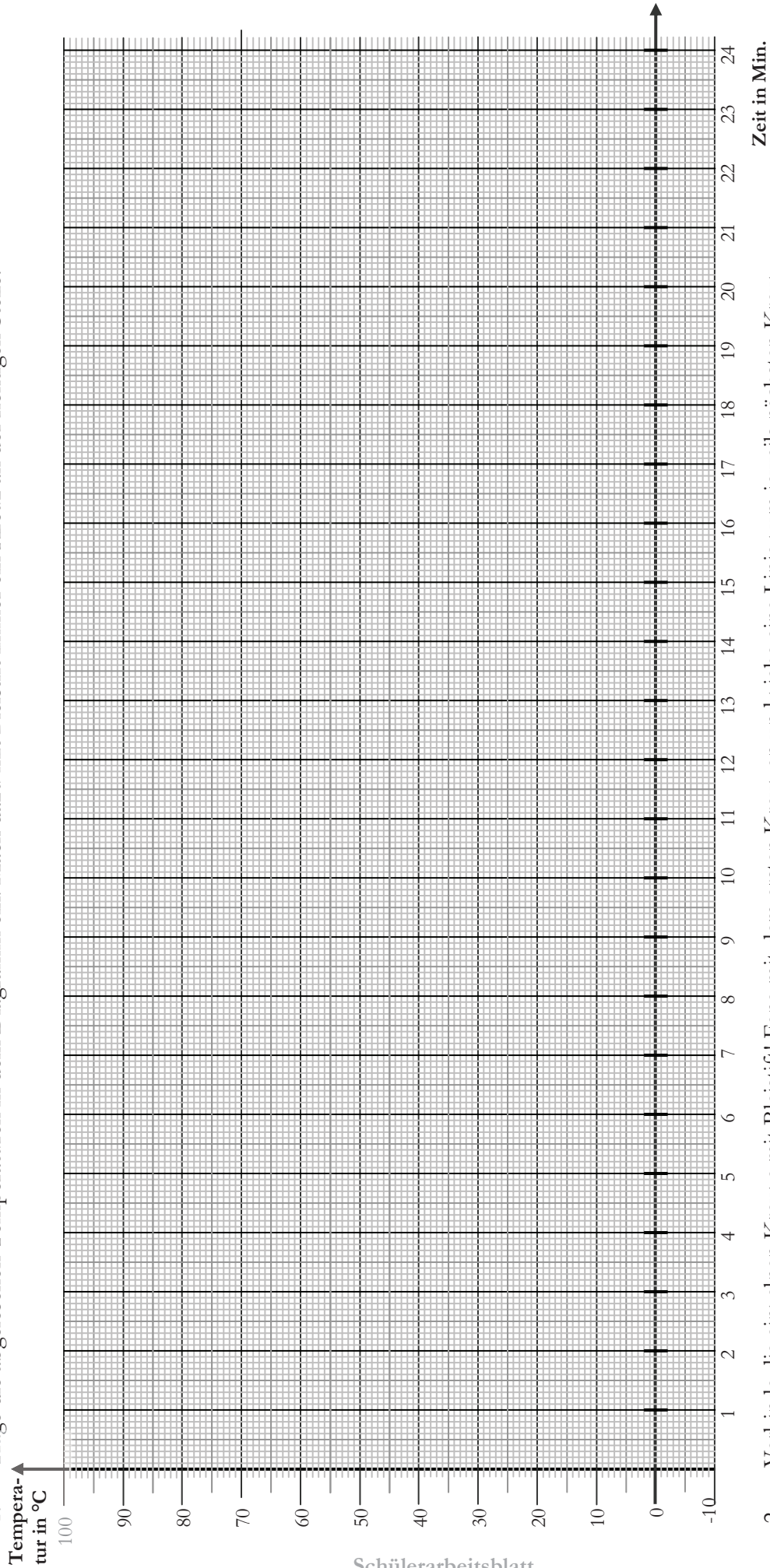


e).....



# Bestimmen der Schmelz- und Siedetemperatur des Wassers

1. Trage die abgelesenen Temperaturen in dein Diagramm ein! Mach dazu mit Bleistift immer ein Kreuz an der richtigen Stelle.



2. Verbinde die einzelnen Kreuze mit Bleistift! Fang mit dem ersten Kreuz an und ziehe eine Linie zum jeweils nächsten Kreuz.

3. Ergänze!

Schmelz- und Gefrieretemperatur: .....

Siede- und Kondensationstemperatur: .....



## Sieden und Verdunsten von Wasser

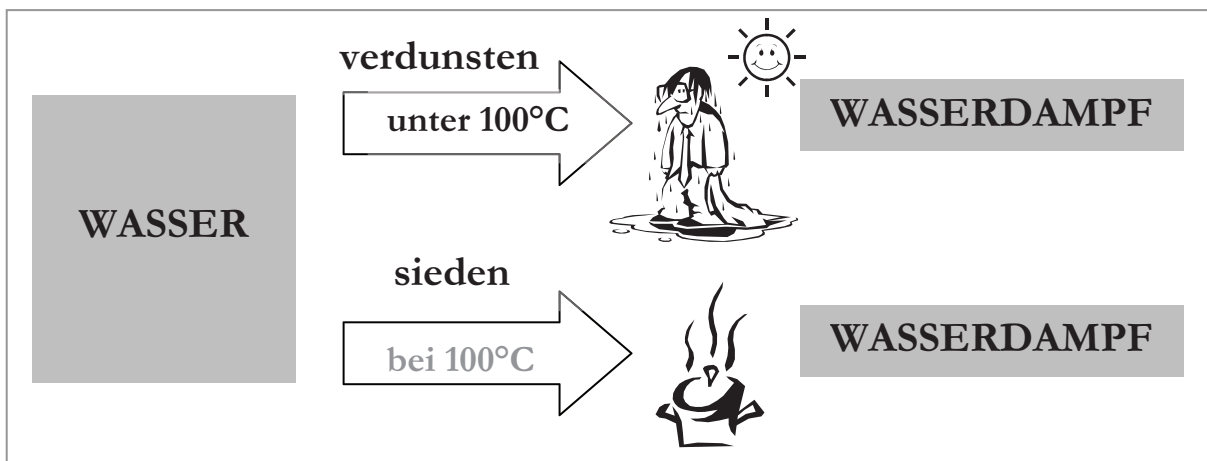


1. Wann sagt man „Wasser siedet“ und wann „Wasser verdunstet“? Lies dazu den Text!

Bei einer Temperatur von 100 °C **siedet** das Wasser zu Wasserdampf. Das erkennt man an den großen, aufsteigenden Dampfblasen, die geräuschvoll blubbern. Wasser kann aber auch zu Wasserdampf werden, wenn die Temperatur unter 100 °C liegt. Dann sagt man: Das Wasser **verdunstet**. Das passiert zum Beispiel beim Trocknen nasser Wäsche. Dabei wandelt sich das Wasser allmählich – also langsam – in Wasserdampf um. Dieser Wasserdampf ist unsichtbar und vermischt sich mit der Luft. Die Wärme, die das Wasser zum Verdunsten braucht, erhält es aus seiner Umgebung.

Übrigens: Der Begriff „Verdampfen“ bezeichnet ganz allgemein den Übergang von flüssigem Wasser zu gasförmigem Wasserdampf. Verdampfen ist ein Obergriff für Sieden und Verdunsten.

2. Erkläre mithilfe der Übersicht den Unterschied zwischen Sieden und Verdunsten!



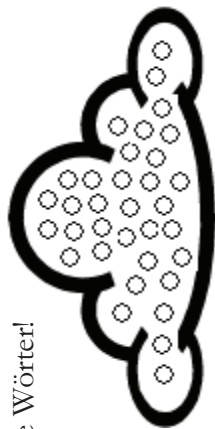
3. Siedet oder verdunstet das Wasser bei den aufgezählten Beispielen? Kreuze in der Tabelle an!

Beispiele	sieden	verdunsten
1. Wäsche trocknet auf der Leine.		
2. Auf dem Herd kocht Suppe.		
3. Nasses Haar wird gefönt.		
4. Im Wasserkocher kocht Wasser.		
5. Ein getuschtes Bild trocknet.		



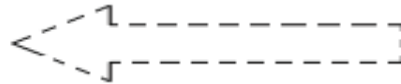
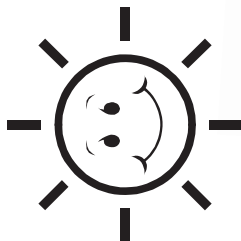
# Was passiert mit dem Pfützenwasser nach dem Regen?

1. Ergänze die Wörter!



2) Wasserdampf .....

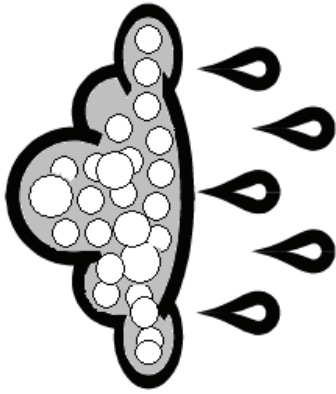
zu winzig kleinen Wassertropfen.



L U F T

1) Das Pfützenwasser ..... zu

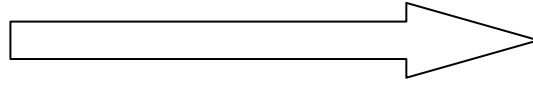
unsichtbarem Wasser.....



3) Große, schwere Wassertropfen

fallen als .....

auf die Erde.



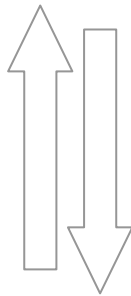
2. Beschreibe mithilfe der Übersicht, was mit dem Pfützenwasser nach dem Regen passiert?



1. a) Ergänze alle fehlenden Begriffe in der Übersicht! Sie soll zeigen, wie Wasser sich in die verschiedenen Aggregatzustände (fest, flüssig, gasförmig) umwandeln kann!
- b) Male zwei Pfeile in der Übersicht rot und zwei Pfeile blau aus. Beachte: roter Pfeil bedeutet Wärmezufuhr, blauer Pfeil bedeutet Wärmeentzug!



.....



Wasser  
(flüssig)

verdampfen  
(sieden/verdunsten)



.....

.....

.....  
(.....)

.....  
(.....)

2. Welcher Vorgang findet bei den Beispielen jeweils statt: schmelzen, gefrieren, siedend, verdunsten oder kondensieren (verflüssigen)? Schreibe daneben!

- a) Das Teewasser kocht. ....
- b) Aus Wassertropfchen werden Schneeflocken. ....
- c) Am Himmel bilden sich Wolken. ....
- d) Das Eis auf einem See taut. ....
- e) Die Pfütze trocknet aus. ....



## Wasser ist ein echter Verwandlungskünstler

1. Lies den Text!

Wasser kann sich verwandeln und in verschiedenen Erscheinungsformen auftreten. Die meisten davon hast du bestimmt schon mal in der Natur beobachtet: Regen, Schnee, Hagel, Wolken und Nebel, Tau oder Reif. Dabei handelt es sich immer um den gleichen Stoff – nämlich Wasser. In welche Erscheinungsform sich das Wasser verwandelt, hängt zum Beispiel von der Temperatur der Luft ab.

2. Welchen Aggregatzustand haben die einzelnen Erscheinungsformen des Wassers: fest, flüssig oder gasförmig? Schneide die Bilder auf der Seite 52 aus! Klebe sie dann in die richtige Spalte dieser Tabelle ein!

<b>fest</b>	<b>flüssig</b>	<b>gasförmig</b>





# Wasser ist ein echter Verwandlungskünstler

Schneide die Bilder aus!



B1

Regen



B2

Schnee



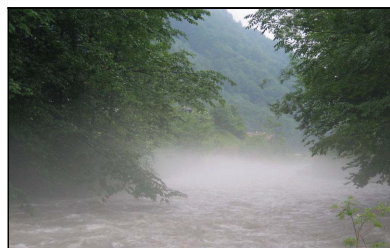
B3

Hagel



B4

Tau



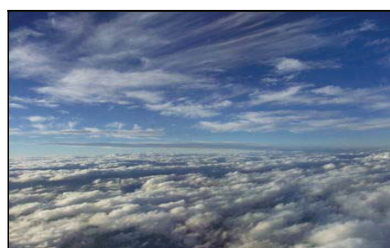
B5

Nebel



B6

Reif



B7

Wolken

unsichtbarer  
Wasserdampf in der  
Luft

(Bild 1: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:22\\_Regen\\_ubt.jpeg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:22_Regen_ubt.jpeg)  
Bild 2: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bild:Frischer\\_neuschnee.jpg&filetimestamp](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bild:Frischer_neuschnee.jpg&filetimestamp)  
Bild 3: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Hail\\_Hagel.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Hail_Hagel.jpg)  
Bild 4: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Dew\\_drops\\_LC0107.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Dew_drops_LC0107.jpg)  
Bild 5: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Img20040611\\_0140\\_ch\\_engelberger\\_aa.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Img20040611_0140_ch_engelberger_aa.jpg)  
Bild 6: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Dezember\\_raureif001.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Dezember_raureif001.jpg)  
Bild 7: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Chmury\\_warstwy.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Chmury_warstwy.jpg))



## Wiegt eine Schneeflocke etwas?

1. Lies die Geschichte!

### Das Gewicht der Schneeflocke

„Es schneit“, sagte der Wolf. „Was du nicht sagst, Gevatter“, brummte der Bär. „Mehr als tausend Schneeflocken“, sagte der Fuchs, „aber auf meinem Pelz spüre ich sie überhaupt nicht!“ „Sie schmelzen auf meiner Hasennase“, sagte der Hase und dann fügte er noch nachdenklich hinzu: „Man spürt sie nicht. Doch sie haben ein Gewicht!“



„Eine Schneeflocke wiegt weniger als nichts“, knurrte der Wolf. „Und sie hat keine Kraft“, brummte der Bär. „Aber sie wiegt doch etwas und sie hat auch Kraft“, sagte der Hase. „Da wird man ja sehen, ob eine Schneeflocke Gewicht hat.“



Der Bär und der Wolf lachten so laut, dass es durch den ganzen Wald schallte. Aber weil sie gerade nichts Besseres zu tun hatten, zählten sie mit: Eins...zwei...drei...vier...fünf...sechs...sieben...Als sie bei zweitausendacht-hundertsiebenundsechzig angekommen waren, machte es plötzlich „Krach“ und der dicke, mächtige Ast brach ab.



„Der Hase hat Recht“, knurrte der Wolf, und sogar der Bär wunderte sich über die Kraft der Schneeflocken.

*Fredrik Vable*



2. Schneeflocken haben eine Masse (ein Gewicht). Aber warum ist eine einzelne Schneeflocke eigentlich so leicht? Drehe das Blatt um, dann kannst du die Erklärung lesen!



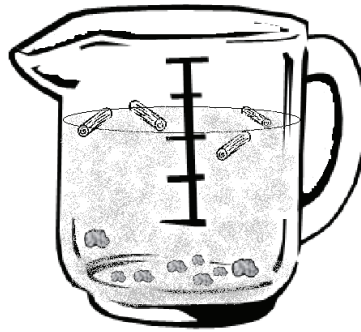
Schneeflocken sind so leicht, weil sie sehr viel Luft enthalten – bis zu 95 %. Die meisten Schneeflocken sind etwa 5 mm groß und wiegen nur 0,004 g. Deshalb fallen sie auch viel langsamer auf die Erde als Regentropfen.  
Übrigens: „Leise rieselt der Schnee ...“ Warum eigentlich? Fällt eine Schneeflocke zum Beispiel auf Wasser, so erzeugt sie aufgrund der enthaltenen Luft einen ganz hohen Ton. Der Ton ist so hoch, dass wir Menschen ihn nicht hören können.



## Wie wird aus Schmutzwasser wieder sauberes Wasser?

1. Ein Gefäß mit Wasser wird mit folgenden Dingen verschmutzt:

- Holzstücke,
- Sand,
- Steine,
- Salz.



2. Notiert in der Tabelle, welche Hilfsmittel ihr nacheinander zum Reinigen einsetzt. Schreibt jeweils daneben, welche Schmutzstoffe ihr damit vom Wasser trennen konntet!

Schritt	Hilfsmittel zum Reinigen	Schmutzstoffe, die damit entfernt wurden
1	..... .....	..... .....
2	..... .....	..... .....
3	..... .....	..... .....
4	..... .....	..... .....
5	..... .....	..... .....
6	..... .....	..... .....

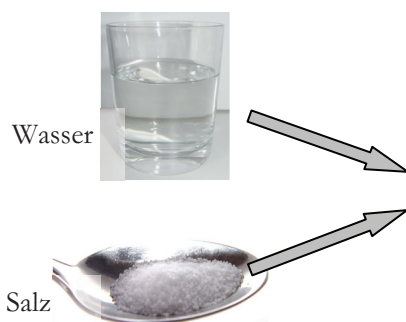
## Wie wird aus Schmutzwasser wieder sauberes Wasser?

- Wie lässt sich beim Eindampfen von Salzwasser (Salzlösung) gleichzeitig das Wasser auffangen? Plane ein Experiment und fertige dazu eine Zeichnung an! Beschrifte sie auch!



- Sieh dir die Übersicht genau an!

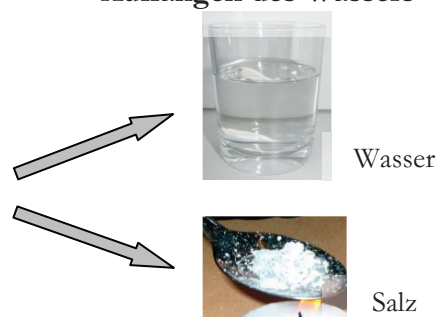
### 1) Vor dem Lösen



### 2) Lösung



### 3) Nach dem Eindampfen der Lösung und nach dem Auffangen des Wassers



- Eine Salzlösung wird eingedampft und das Wasser gleichzeitig aufgefangen. An welchen Eigenschaften erkennt man, dass danach tatsächlich wieder die Stoffe Wasser und Salz vorliegen? Schreibe sie auf!

Stoff	Stoffeigenschaften
Wasser	.....
Salz	.....



## Methoden der Stofftrennung

1. In einem Gefäß befindet sich ein Schmutzwassergemisch mit verschiedenen Schmutzstoffen (Bild 1). Benenne bei a), b) und c) die drei abgebildeten Methoden der Stofftrennung. Schreibe rechts neben die Abbildungen, welche Stoffe damit jeweils vom Wasser getrennt werden können.



a).....



.....

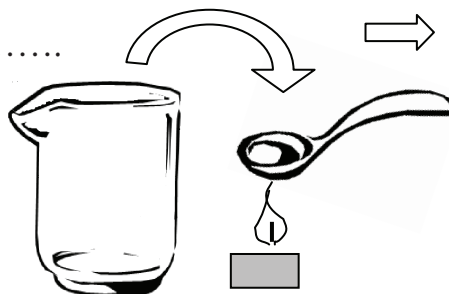
b).....



.....



c).....



.....



## Salz – das „weiße Gold“



1. Warum wurde Salz auch als „weißes Gold“ bezeichnet? Lies dazu den Text!

„Ist die Suppe versalzen, ist der Koch verliebt – heißt es. Weil er oder sie in Gedanken eben nur beim Liebsten ist... Wenn das Essen versalzen ist, fällt uns das natürlich auf. Aber sonst?“



Salz ist für uns so ein alltäglicher Stoff, dass wir es nur wenig beachten. Dabei ist Salz das älteste und nach wie vor wichtigste aller Gewürze. Heute ist Salz leicht zu bekommen und sehr billig. Das war aber nicht immer so! Bis vor etwa hundert Jahren war Salz noch eines der begehrtesten Güter der Menschen. Es galt als ein Geschenk der Götter. Denn es war knapp und damit kostbar. Um seinen Besitz wurden sogar Kriege geführt.

Früher war Salz so wertvoll wie Gold. Im 13. Jahrhundert wurde in China Salz tatsächlich gegen Gold aufgewogen. Und in Afrika tauschte man es sogar im Verhältnis eins zu eins gegen Goldstaub. Die Römer zahlten ihren Soldaten als Lohn eine Ration des kostbaren Salzes.

Im Mittelalter hat sich so mancher Adlige mit dem Salzhandel eine goldene Nase verdient. Herzöge, Fürsten und Könige wurden sehr reich, indem sie einfach Geld verlangten, wenn ein mit Salz beladenes Schiff in ihrem Hafen anlegen oder ein mit Salz beladener Wagen ihre Straße passieren wollte.

Auf der Suche nach dem kostbaren Salz haben sich die Menschen in der Nähe von Salzlagerstätten angesiedelt. Dort entstanden wohlhabende Städte, die auch heute noch das Wort Salz im Namen führen. Einige Städtenamen enthalten das keltische Wort für Salz: *hal*, z.B. Halle, Schwäbisch Hall, Reichenhall oder Hallstadt.“

Übrigens: So schön sehen Salzkristalle stark vergrößert aus – fast wie Edelsteine!



B1: Salzkristalle

(Text etwas verändert nach: Veronika Baum und Susanne Michael,  
<http://www.br-online.de/kinder/fragen-verstehen/wissen/2005/00916/>)

Bild 1: [http://www.wdr.de/tv/quarks/sendungsbeitraege/2005/0419/001\\_salz\\_noflash.jsp?pbild=5](http://www.wdr.de/tv/quarks/sendungsbeitraege/2005/0419/001_salz_noflash.jsp?pbild=5))

## Salzgewinnung aus Meerwasser

1. Informiere dich im Text, wie Salz aus Meerwasser gewonnen wird!

„Salz ist an vielen Orten auf der Welt zu finden, zum Beispiel im Meerwasser. Schon seit Urzeiten haben die Menschen Salz aus Meerwasser gewonnen. Dazu sammelten sie es in Becken und ließen es von der Sonne verdunsten. Zurück blieb Meersalz, mit dem sich Fische und Fleisch länger haltbar machen ließen. Lange Zeit war dies die einzige Möglichkeit der Konservierung.



Die Salzgewinnung aus dem Meer war im Mittelalter von großer Bedeutung. Am Atlantik und am Mittelmeer konnte Salz durch den Bau von flachen **Salzgärten** ganz einfach und billig gewonnen werden.

Zum Anlegen von Salzgärten bauen die Menschen mehrere Verdunstungsbecken. In ein erstes Becken wird Meerwasser gefüllt. Durch die Sonne beginnt es zu verdunsten und wird dadurch salzreicher. Dieses salzreichere Wasser wird in ein zweites Becken geleitet. Durch weitere Verdunstung sammelt sich dort eine konzentrierte Salzlösung, die dann in ein drittes Becken gelangt. Das ist die so genannte Salzabscheide. Dort wird das zurückbleibende Meersalz mit Rechen zusammengesoben und getrocknet.“



B1: Salzgärten (künstlich angelegte Verdunstungsbecken)

?



Übrigens: Was meint man mit dem Begriff **Saline**? Als Saline bezeichnet man eine Anlage oder einen Betrieb zur Salzgewinnung. Salzgärten sind Meerwassersalinen.

(Bild 1: <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:MaraisSalant.JPG>)

Text in Anlehnung an: Schlag nach 3/4 im Sachunterricht B/BB/MV Lehrmaterialien. Bayerischer Schulbuch Verlag, 2006.; Erlebnis Physik/Chemie. Hannover: Schroedel Verlag GmbH, 1999.)



## Salzgewinnung aus Steinsalz

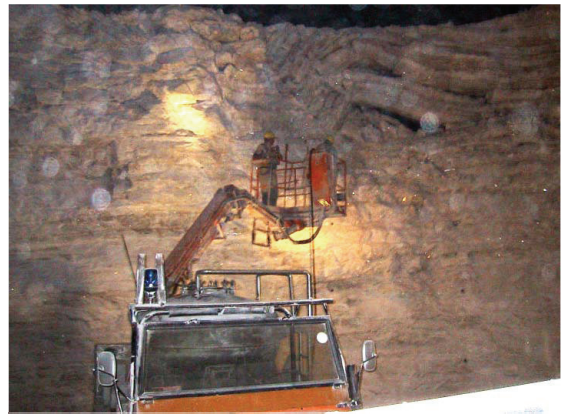
1. Informiere dich im Text über die Salzgewinnung aus Steinsalz!

Salz wird auch als Steinsalz in Bergwerken abgebaut. Aber wie kam das Salz eigentlich dort hin?

Die Salzlagerstätten sind durch Meere entstanden. Vor ungefähr 200 Millionen Jahren waren weite Teile Europas vom Meer bedeckt. Durch Erdbewegungen wurden im Laufe der Jahre flache Stellen des Ozeans abgetrennt. Riesige „Meerwasserpfützen“ entstanden. Durch das heiße Klima verdunstete dort das Wasser und das Salz setzte sich am Boden ab. Dieser ganze Vorgang wiederholte sich mehrfach. Die flachen Becken wurden erneut mit Meerwasser überflutet, das dann wieder verdunstete. So entstanden bis zu 1000 Meter mächtige Salzsichten. Im Laufe von Millionen Jahren senkten sich die Salzsichten ab und wurden von anderen Gesteinsschichten überdeckt.

Wie gewinnt man das Steinsalz?

Das Salz kann unter der Erde durch Bohren oder Sprengen abgebaut werden. Unter Tage (unter der Erde) wird das Salz zerkleinert und mit Förderwagen durch einen Schacht an die Erdoberfläche transportiert.



B1: Trockenabbau von Steinsalz, Rheinberg

Nun muss das Salz noch gereinigt werden. In Salinen wird es von Sand und anderen Gesteinen getrennt. Dazu löst man das Steinsalz in Wasser. Es entsteht eine **Sole** (salzhaltiges Wasser). Die Verunreinigungen bleiben zurück. Die Sole wird eingedampft und man erhält reines Salz.

Eine andere Möglichkeit ist die, das Steinsalz bereits unter Tage aufzulösen. Dann werden sehr tiefe Löcher in das Salzgestein gebohrt und mit Wasser gefüllt. Die entstehende Sole wird nach oben gepumpt und in Salinen verdampft. Zurück bleibt das reine Salz.

Übrigens: Früher wurde die Sole in großen Pfannen gekocht. Daher stammt der Name „**Kochsalz**“.



B2: Salzsieden in einer rekonstruierten mittelalterlichen Saline in Schwäbisch Hall.



(Bild 1: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Abbau\\_von\\_Steinsalz.JPG](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Abbau_von_Steinsalz.JPG))

Bild 2: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Schw%C3%A4bisch\\_Hall\\_Salzsieden.JPG](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Schw%C3%A4bisch_Hall_Salzsieden.JPG)

Informationen: Erlebnis Physik/Chemie. Hannover: Schroedel Verlag GmbH, 1999.;

<http://de.wikipedia.org/wiki/Saline>)

## Löslichkeit in Wasser ist eine Stoffeigenschaft

1. Woran erkennt man, ob ein Stoff in Wasser löslich ist? Lies den Text!



Wenn sich ein Stoff in Wasser löst, dann entsteht eine so genannte **Lösung**. Der gelöste Stoff ist im Wasser nicht mehr zu sehen. Selbst dann nicht, wenn man durch eine Lupe schaut oder die Lösung unter einem Mikroskop betrachtet. Eine Lösung ist ein klares und durchsichtiges Stoffgemisch. Man kann also gut hindurch sehen. Die meisten Lösungen sind farblos. Es gibt aber auch farbige Lösungen.

2. Schau dir die Abbildungen genau an! Kreuze die Bilder an, auf denen eine Lösung zu sehen ist!

a) ☐



Feste Ostereierfarbe wird ins Wasser gegeben.



b) ☐



Feste Wasserfarbe wird ins Wasser gegeben.



c) ☐



Ein Teebeutel wird in heißes Wasser getaucht und nach einigen Minuten wieder herausgeholt.



3. Welche Stoffe sind in Wasser löslich und welche nicht? Kreuze in der Tabelle an! Wenn du dir nicht sicher bist, dann finde es mithilfe eines Experimentes heraus.

Stoff	in Wasser <b>löslich</b>	in Wasser <b>unlöslich</b>
Holz		
Sand		
Salz		
Mehl		
Zucker		
Kreide		
Kerzenwachs		
Metall		



1. Wenn Stoffe erhitzt werden, kann das unterschiedliche Folgen haben. Das wird deutlich, wenn man die Eigenschaften der Stoffe vor und nach dem Erhitzen vergleicht. Das unterschiedliche Verhalten von Stoffen beim Erhitzen kann man in zwei Gruppen einteilen. Lies dazu den Text und ergänze weitere Beispiele in der Übersicht!

Zustandsänderung	Stoffumwandlung
<p>Die Stoffe ändern ihren Zustand, z.B. ihren Aggregatzustand oder die Form, in der sie vorliegen. Der Stoff selbst bleibt dabei erhalten.</p> <p>Beispiele:</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p><i>Wachs</i></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p><i>Wachs</i></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </div> </div>	<p>Die Stoffe werden umgewandelt. Das heißt, die Stoffe hören auf zu bestehen. Dafür entstehen neue Stoffe mit anderen Eigenschaften, z.B. auch Kohlenstoff.</p> <p>Beispiele:</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p><i>Zucker</i></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p><i>Kohlenstoff</i></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </div> </div>

2. Bei welchen der beschriebenen Vorgänge findet eine Stoffumwandlung statt? Kreuze an!

- ☐ Schokolade liegt längere Zeit in der Sonne.
- ☐ Ein Stück Holz wird mit einer Feile bearbeitet.
- ☐ Milch läuft beim Überkochen auf die heiße Herdplatte.
- ☐ Ein Blatt Papier wird zerrissen.
- ☐ Toastbrot verkohlt im Toaster.
- ☐ Tee wird mit Zucker versüßt.
- ☐ Kuchenteig wird im Backofen erhitzt und geht auf.



## Welche Stoffe sind brennbar?

1. Kreuze in der Tabelle an!

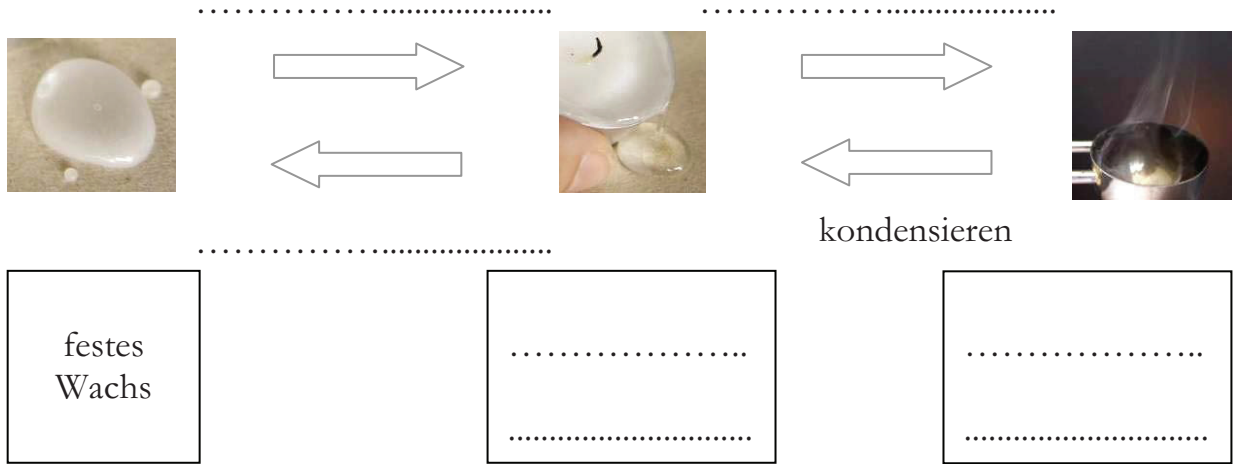


Stoff	brennbar	nicht brennbar
<b>Papier</b>		
<b>Pappe</b>		
<b>Erde oder Sand</b>		
<b>Holz</b>		
<b>Stein</b>		
<b>Kohle</b> (z.B. Grillkohle)		
<b>Glas</b> (z.B. Glasscherbe)		
<b>Keramik</b> (z.B. Teller)		
<b>Laub</b> (z.B. getrocknete Blätter von Bäumen)		
<b>Metall</b> (z.B. Geldstück, Büroklammer, Teelöffel)		
<b>Baumwollstoff oder Baumwollfaden</b>		
<b>Wasser</b>		
<b>Benzin</b> (z.B. Feuerzeugbenzin)		
<b>Spiritus (Alkohol)</b>		
<b>Öl</b> (z.B. Speiseöl)		
<b>Luft</b>		
<b>Kohlendioxid</b>		
<b>Feuerzeuggas</b>		
<b>Kerzenwachs</b>		



## Ist Kerzenwachs brennbar?

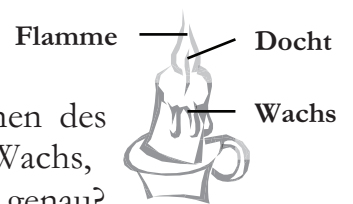
1. Durch Erhitzen oder Abkühlen kann Wachs seinen Aggregatzustand ändern. Ergänze die fehlenden Begriffe in der Übersicht! Male die Pfeile rot oder blau aus. Beachte: Rot bedeutet Wärmezufuhr. Blau bedeutet Wärmeentzug (Abkühlung).



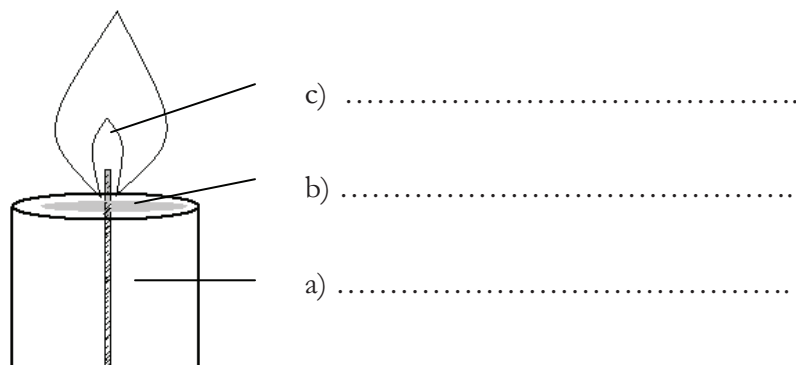
2. Was brennt eigentlich bei einer Kerze? Lies den Text!

Man könnte glauben, dass die Kerzenflamme durch Verbrennen des Dochtes entsteht. Das stimmt aber nicht! Es ist nämlich das Wachs, das verbrennt und Licht bringt. Aber wie funktioniert eine Kerze genau?

Zunächst entzündet man den Docht. Er ist aus Baumwolle und brennt eine kurze Zeit. Dadurch wird das feste Wachs erwärmt und beginnt zu schmelzen. Es entsteht ein Näpfchen, in dem sich das flüssige Wachs sammelt. Das flüssige Wachs steigt nun in dem Docht auf und verdampft durch die Hitze an der Spitze des Dochtes. Dieser Wachsdampf ist das, was bei einer Kerze brennt. Dabei wird Licht und viel Wärme frei. Die Kerzenflamme ist also der brennende Wachsdampf. Diese heiße Flamme sorgt dafür, dass immer wieder festes Wachs schmilzt, im Docht aufsteigt und verdampft.



3. Beschrifte in der Abbildung bei a), b) und c), ob das Wachs dort im festen, flüssigen oder gasförmigen Zustand vorliegt!

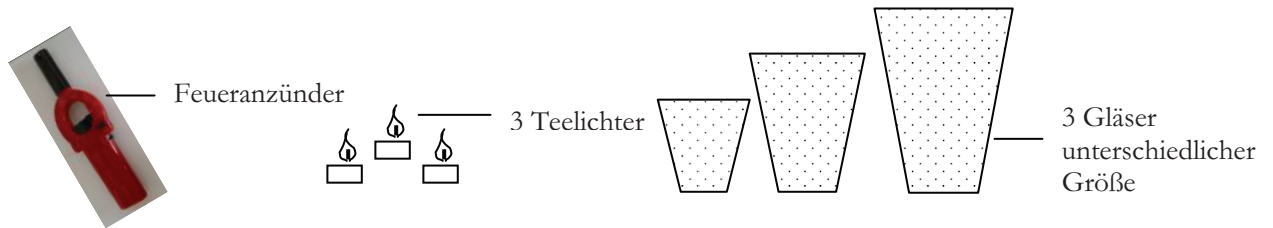


## Was tun, wenn das Feuer nicht richtig in Gang kommt?

Feuermachen ist gar nicht so einfach! Besonders das Grillen ist eine Wissenschaft für sich. Um ein Grillkohlenfeuer richtig in Gang zu bekommen, wedelt oder fächelt man kräftig Wind zu. Warum hilft das eigentlich? Könnte es an der Luft liegen?



1. Haben Feuer und Luft tatsächlich etwas miteinander zu tun? Plant mit Hilfe der folgenden Materialien ein Experiment, um das herauszufinden!



2. Führt das Experiment **nach Absprache mit dem Lehrer** durch und beobachtet!
3. Beschreibt eure Beobachtungen und versucht sie zu erklären!

.....

.....

.....

.....

.....

.....



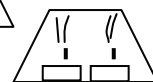
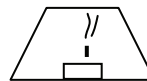
## Denkaufgabe

1. Zwei gleich große Schälchen werden gleichzeitig über brennende Teelichter gestülpt. Unter dem einen Schälchen befindet sich nur ein Teelicht. Unter dem anderen Schälchen befinden sich zwei Teelichter.



Was wird vermutlich passieren? Kreuze alle Antworten an, die deiner Meinung nach richtig sind!

- a) ☐ Die Kerzen gehen allmählich aus.
- b) ☐ Die Kerzen gehen plötzlich aus.
- c) ☐ Alle Kerzen gehen gleichzeitig aus.
- d) ☐ Das einzelne Teelicht geht zuerst aus.
- e) ☐ Die zwei Teelichter unter dem Schälchen gehen zuerst aus.



?



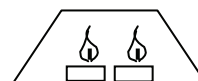
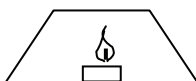
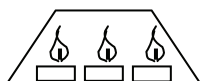
2. Erkläre die Beobachtung!

.....

.....

.....

3. In welcher Reihenfolge gehen die Teelichter aus?  
Schreibe die Zahlen 1., 2. und 3. in die Kästchen unter die Bilder!



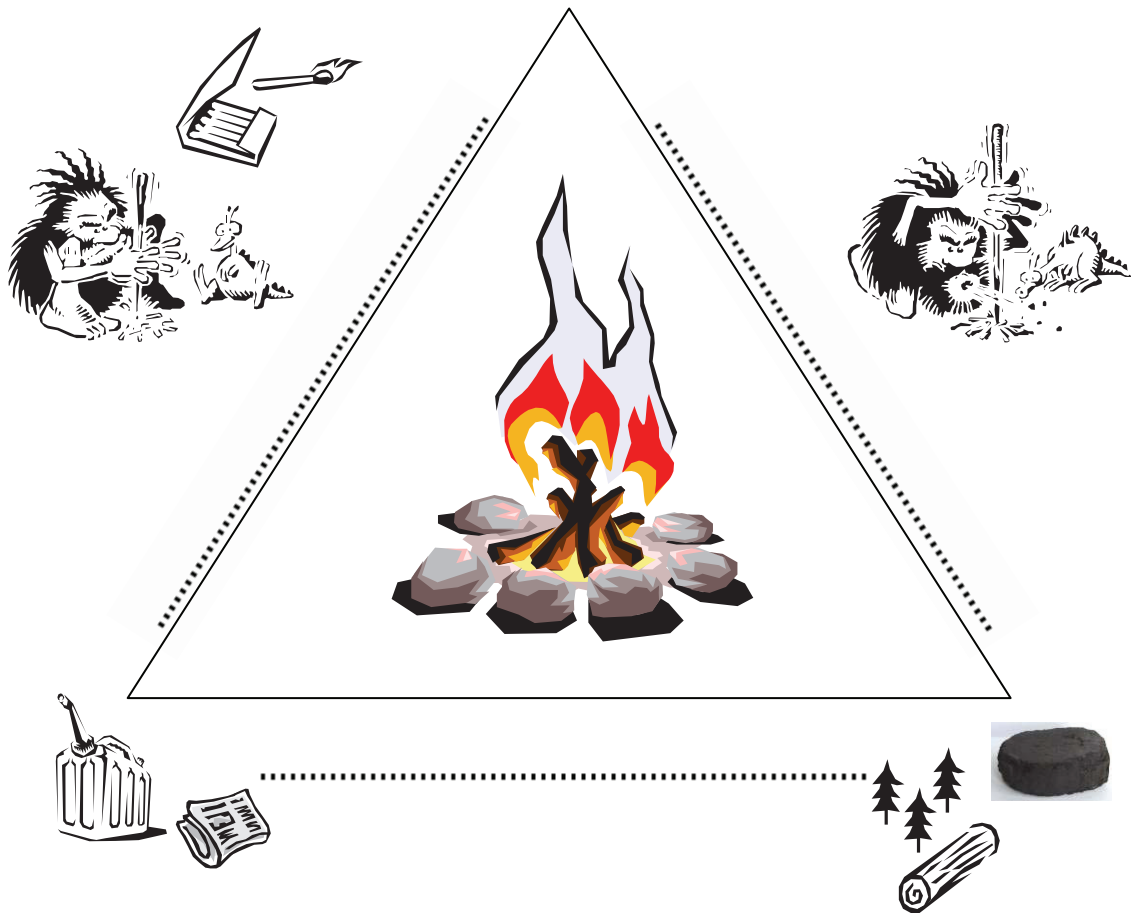



?



## Was braucht man alles, um ein Feuer zu machen?

- Ergänze in der Abbildung die drei Voraussetzungen, die gleichzeitig erfüllt sein müssen, damit Feuer entsteht! Schreibe die Begriffe auf die Linien!



- Stelle eine Reihenfolge auf, wie gut die auf den Bildern A, B und C abgebildeten Holzstücke sich entzünden lassen! Begründe deine Entscheidung!



.....

.....

.....

.....



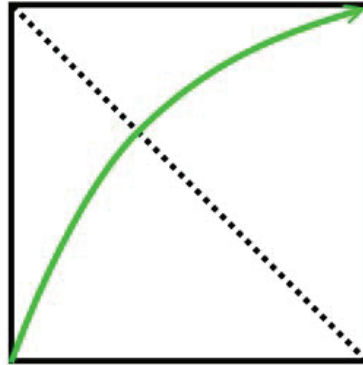


## Warum ist Wasser so ein gutes Löschmittel?

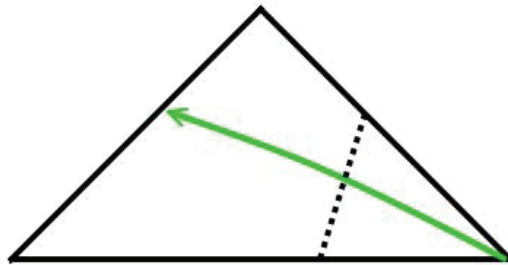


1. Nimm ein A4-Blatt und schneide daraus ein Quadrat. Falte es anschließend nach der Anleitung zu einer Papiertüte!

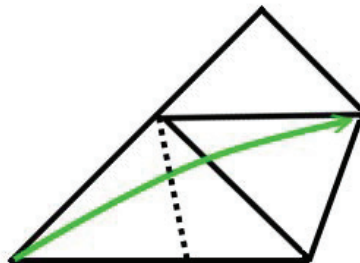
a)



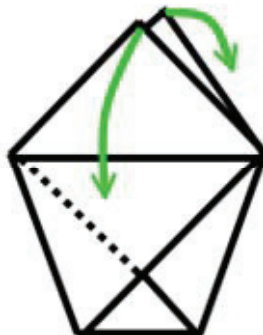
b)



c)



d)



## Wie löscht man Feuer?

1. Lies den Text und schau dir die Abbildung (B 1) an!



B1

Du kennst bereits die drei Voraussetzungen, die gleichzeitig erfüllt sein müssen, damit du ein Feuer machen kannst. Unter den gleichen Bedingungen entstehen auch unerwünschte Brände und breiten sich aus. Beim Löschen versucht die Feuerwehr, dem Feuer mindestens einen der drei notwendigen Faktoren zu entziehen.

(B1: Stoff Formel Umwelt, Chemie Sekundarstufe I. Bamberg: C.C. Buchners Verlag, 1996.)







2. Wie kann man folgende Brände sinnvoll löschen und eine Ausbreitung des Feuers vermeiden? Ergänze in der jeweiligen Spalte der Tabelle!


Art des Brandes	Entfernen des brennbaren Stoffes	Abkühlen unter die Entzündungstemperatur	Unterbrechen der Luftzufuhr (Ersticken)
Lagerfeuer	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....
Waldbrand	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....
Weihnachtsgesteck brennt auf dem Tisch	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....
Fettbrand in der Pfanne	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....



## Wozu verbrennt der Mensch eigentlich Stoffe?

1. Ergänze in der rechten Spalte der Tabelle jeweils, zu welchem Nutzen der Mensch die verschiedenen Stoffe verbrennt!

Verbrennung von:	Nutzen für den Menschen
Holz beim Lagerfeuer 	..... .....
Kohle, Holz im Ofen oder Kamin 	..... .....
Wachs bei einer Kerze 	..... .....
Kerzenwachs bei der Weihnachtspyramide 	..... .....
Brennstoff (dem Feuerzeuggas ähnlich) beim Heißluftballon 	..... .....
Benzin im Auto-motor 	..... .....

2. Was ist eigentlich Energie?  Informiere dich im folgenden Text!

Da man Energie selbst nicht sehen kann, ist es schwer, sie zu beschreiben. Dabei ist sie überall und auch du erlebst Energie jeden Tag. Du brauchst sie zum Beispiel, um zu gehen, Fahrrad zu fahren, um Würstchen zu grillen, zum Wachsen und sogar zum Schlafen. Auch wenn du in deinem Zimmer die Lampe anschaltest oder mit einem Föhn die Haare trocknest, benötigst du Energie. Vereinfacht kann man sagen, Energie ist die Fähigkeit eines Körpers (Gegenstandes oder Lebewesens) etwas zu bewirken. Die wichtigste Energiequelle ist die Sonne. Ihre Strahlungsenergie erwärmt die Erde und macht das Leben von Pflanzen, Tieren und Menschen erst möglich. Sie ist auch der Motor des Wettergeschehens und des Wasserkreislaufs.

(Text in Anlehnung an: Naturwissenschaften 5/6 Band 1. Berlin, Frankfurt a.M.: Paetec Schulbuchverlag, 2005.)

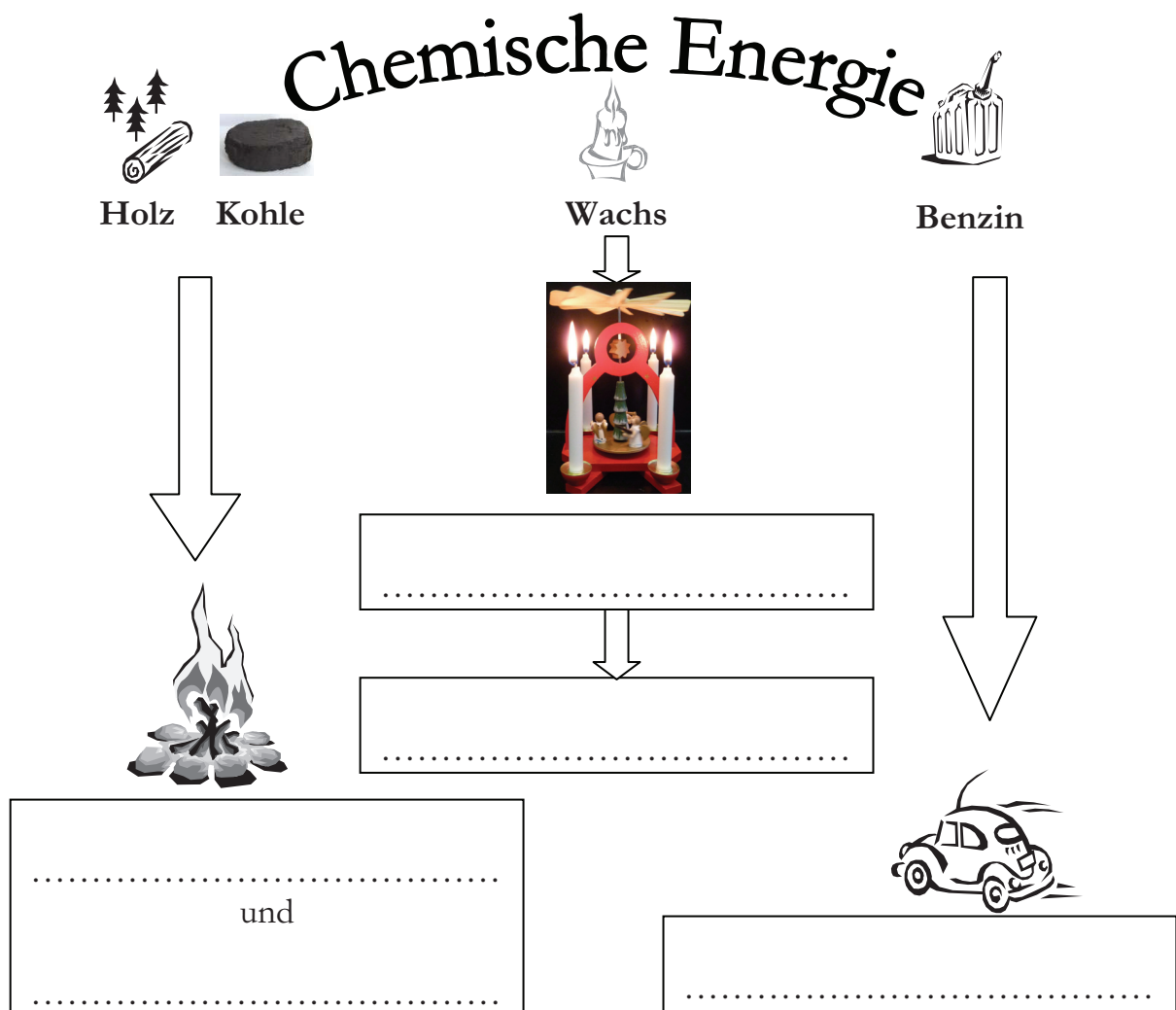



## Wozu verbrennt der Mensch eigentlich Stoffe?

1. a) Energie kann gespeichert, umgewandelt und genutzt werden. Lies den Text!

Alle Stoffe enthalten Energie – auch wenn man sie nicht sehen kann. Diese Energie ist in den Stoffen gespeichert. Man nennt sie **chemische Energie**. Brennstoffe (zum Beispiel Holz, Kohle, Benzin oder Wachs) enthalten sehr viel Energie. Diese Energie nutzen wir zum Beispiel zum Heizen oder zum Antrieb von Fahrzeugen. Dazu müssen die Brennstoffe verbrannt werden. Beim Verbrennen wird die chemische Energie der Stoffe in andere **Energieformen** umgewandelt, z.B. in **Lichtenergie**, **Wärmeenergie** oder **Bewegungsenergie**. Brennstoffe sind so genannte **Energieträger**, weil aus ihnen nutzbare Energie gewonnen werden kann.

b) Welche Energieumwandlung möchte man beim Verbrennen von Holz, Kohle, Benzin oder Wachs nutzen? Trage in die Kästchen die jeweilige Energieform ein!

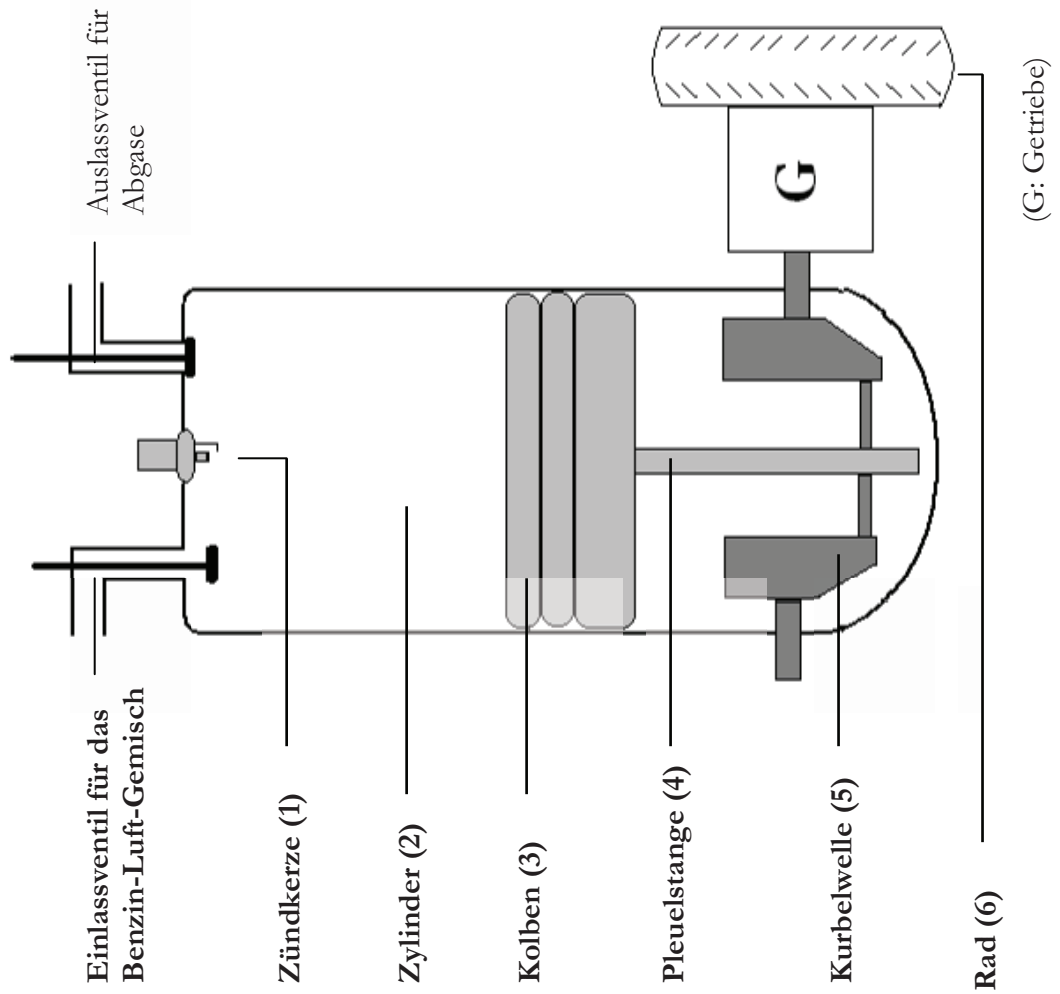
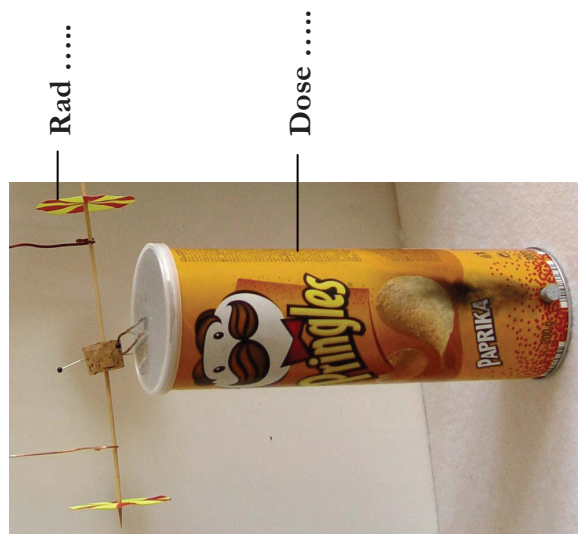
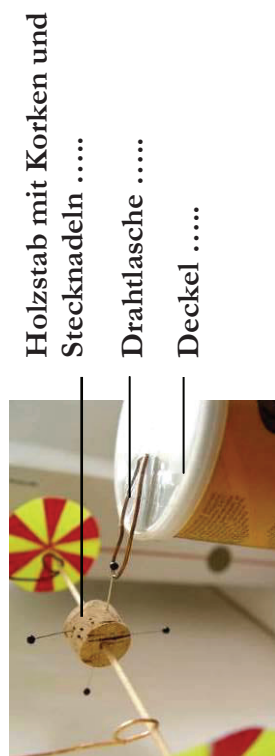


Übrigens: Wenn du an einem Lagerfeuer sitzt, erwärmst du dich eigentlich mit der Sonnenenergie. Denn die Sonnenenergie wird von Pflanzen aufgenommen, umgewandelt und gespeichert. Beim Verbrennen von Ästen und Baumstämmen wird diese Energie in Wärme umgewandelt und frei gesetzt.  Auch die Energie der Kohle kommt letztendlich von der Sonne. Denn Kohle ist aus abgestorbenen Pflanzen entstanden, die viele Millionen Jahre unter der Erde verschlossen waren.



## Wie kommt es, dass ein Auto fahren kann?

1. Die linken Bilder zeigen den Aufbau eines Modellexperiments, das ganz vereinfacht zeigen soll, wie eigentlich die Drehbewegung der Autoräder zustande kommt. Welche Teile des Modells entsprechen den Bestandteilen eines Automotors (rechtes Bild)? Ordne die Zahlen 1 bis 6 den jeweiligen Teilen aus dem Modellversuch zu! Schreibe die richtige Ziffer auf die gepunktete Linie!





# Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern

## UE 1 „Forschen und Beobachten“



SB S. 7 „Unsere Sinnesorgane“  
Aufgabe 2

Sinnesorgan	Funktion
<i>Auge</i>	<i>sehen</i>
<i>Nase</i>	<i>riechen</i>
<i>Ohr</i>	<i>hören</i>
<i>Zunge</i>	<i>schmecken</i>
<i>Haut</i>	<i>fühlen/ spüren/ tasten</i>

SB S. 9 „Mit einem schwarzen Stift bunte Bilder malen“  
Aufgabe 3

Schwarz ist ein *Gemisch* aus verschiedenen Farben.  
In meinem schwarzen Filzstift sind die Farben *braun, violett, blau und türkis* enthalten.

SB S. 10 „Die Lupe – Ein wichtiges Hilfsmittel beim Forschen“  
Aufgabe 1

<i>Lupe</i>	<i>Mikroskop</i>	<i>Thermometer</i>	<i>Waage</i>

SB S. 12 „Warum lassen Lupenglas und Wassertropfen Gegenstände größer erscheinen?“  
Aufgabe 2

**Lupenglas**                      **Wassertropfen**

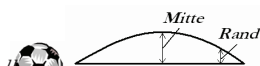
oder

Aufgabe 4

Lupenglas und Wassertropfen haben eine nach außen *gewölbte* Form. In der Mitte sind sie *dicker* als am Rand.

Das sieht so ähnlich aus wie bei einem durchgeschnittenen *Ball*.

Alle lichtdurchlässigen Gegenstände mit dieser Form können Dinge *größer* erscheinen lassen.




# Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern

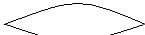
SB S. 13 „Kontrolle“  
Aufgabe 1


1. Wie muss ein Gegenstand beschaffen sein, damit er wie eine Lupe Dinge größer erscheinen lassen kann?  
Kreuze alle richtigen Antworten an! Du kannst auch mehrere Kreuze machen!


a) ☒ Er muss lichtdurchlässig (durchsichtig) sein.


b) ☐ Er muss aus Glas sein.

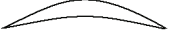
c) ☐ Er kann diese Form haben: 

d) ☒ Er kann diese Form haben: 

e) ☐ Er kann diese Form haben: 

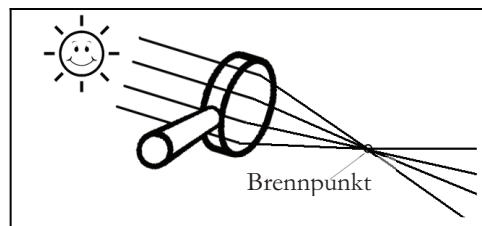
f) ☐ Er kann diese Form haben: 

g) ☒ Er kann diese Form haben: 

h) ☒ Er kann diese Form haben: 

(Die Bilder zeigen die Form des Gegenstands immer von der Seite.)







SB S. 16 „Warum kann man mit einer Lupe und Sonnenstrahlen ein Streichholz entzünden?“  
Aufgabe 3



SB S. 17 „Wassertropfen und Glasscherben können Waldbrände entfachen!“  
Aufgabe 2

*Haben Glasscherben oder Flaschen die Form einer Sammellinse, können diese auch ohne Wassertropfen Brände auslösen.*

Aufgabe 3

a) <input type="checkbox"/> 	d) <input checked="" type="checkbox"/> 
b) <input checked="" type="checkbox"/> 	e) <input type="checkbox"/> 
c) <input type="checkbox"/> 	f) <input checked="" type="checkbox"/> 

# Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern

## UE 2 „Körper und Stoffe“



SB S. 19 „Welche Gegenstände zieht ein Magnet an?“

Aufgabe 2

Nur Eisenschraube und Eisenkugel werden vom Magneten angezogen.

Aufgabe 3

Metall ist nicht gleich Metall! Denn es gibt verschiedene Metalle, zum Beispiel Eisen, Aluminium, Silber und Kupfer. Nicht alle Metalle sind magnetisch. Nur Gegenstände, die aus *Eisen* sind, werden von einem Magnet angezogen.

Aufgabe 4

enthält:	1 Cent	2 Cent	5 Cent	10 Cent	20 Cent	50 Cent
Eisen	×	×	×			
kein Eisen				×	×	×

SB S. 20 „Leichter, schwerer oder gleich schwer?“

Aufgabe 4

Durch Umformen, Zusammendrücken oder Teilen wird die *Masse* eines Körpers nicht verändert. Man sagt: Die Masse *bleibt erhalten*.

SB S. 21 „Körper und Stoffe“

Aufgabe 2

Gegenstände nennt man auch *Körper*.  
Die Materialien, aus denen Gegenstände bestehen, nennt man auch *Stoffe*.

SB S. 22 „Körper und Stoffe“

Aufgabe 3

Begriff	Blau unterstreichen (Gegenstand)	Rot unterstreichen (Stoff)
Holzlöffel	Löffel	Holz
Silberring	Ring	Silber
Kerzenwachs	Kerze	Wachs
Stahlschiff	Schiff	Stahl
Fensterglas	Fenster	Glas
Kupferdraht	Draht	Kupfer

SB S. 23 „Körper und Stoffe“

Aufgabe 5

Stoffeigenschaften	Holzkugel	Glaskugel	Knetkugel	Metallkugel
Oberfläche	rau	glatt	stumpf	glatt
Härte	hart	sehr hart	weich	sehr hart
Verformbarkeit	schwer verformbar	schwer verformbar	leicht verformbar	schwer verformbar
Farbe	braun, beige	farblos, rot, ...	grün, ...	silber grau
Transparenz	undurchsichtig	durchsichtig	undurchsichtig	metallisch glänzend
Glanz	nicht glänzend	glänzend	nicht glänzend	undurchsichtig

# Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern

SB S. 24 „Wir können Stoffe einteilen“  
Aufgabe 1

Stoffe können in verschiedenen <b>Aggregatzuständen</b> vorliegen.			
	<i>fest</i>	<i>flüssig</i>	
<b>Beispiele:</b>	<i>Eisen, Holz, Glas, Knete, Zucker, ...</i>	<i>Wasser, Essig, Öl</i>	
<b>Merkmale:</b>	<i>haben eine bestimmte (eigene) Form</i>	<i>passen sich der Form des jeweiligen Gefäßes an, (haben keine bestimmte Form), sind fließend</i>	

SB S. 25 „Kohlenstoff – ein vielfältiger Stoff“  
Aufgabe 2

*schwarz, fest, schmierig/färbt leicht ab*

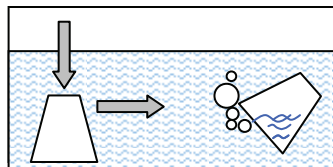
Aufgabe 3

<b>Kohlenstoff in Form von:</b>	<b>Verwendung:</b>
Kohle	<i>zum Heizen, als Wärmespender</i>
Grillkohle	<i>zum Garen/Grillen von Speisen, als Wärmespender</i>
Zeichenkohle	<i>zum Zeichnen</i>
Kohletabletten	<i>als Medikament gegen Durchfall</i>

UE 3 „Luft begreifen“



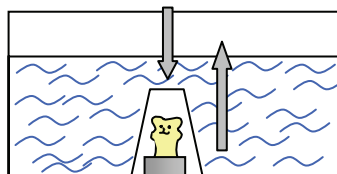
SB S. 26 „Leeres Glas?“  
Aufgabe 3



Aufgabe 4

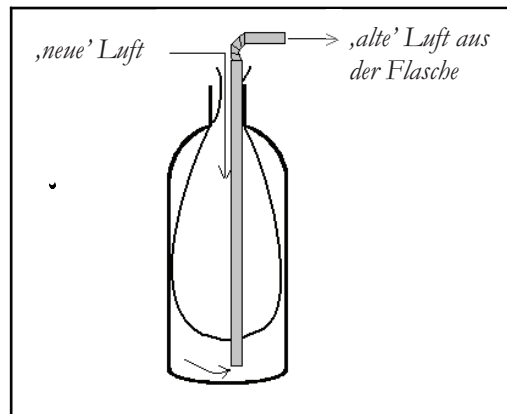
Das Papiertuch ist trocken geblieben, weil das Glas voll mit *Luft* war. Wenn die Luft nicht aus dem Glas herausgelassen wird, kann kein *Wasser* eindringen. Denn auch Luft ist ein Stoff, der *Platz* braucht.

SB S. 27 „Gummibärchen-Taucher“  
Aufgabe 2



# Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern

SB S. 28 „Ist die Flasche wirklich leer? (I)“  
Aufgabe 3



SB S. 24 „Wir können Stoffe einteilen“ (siehe UE 2)  
Aufgabe 1

	<i>fest</i>	<i>flüssig</i>	<i>gasförmig</i>
<b>Beispiele:</b>	<i>Eisen, Holz, Glas, Knete, Zucker</i>	<i>Wasser, Essig, Öl, Benzin, Spiritus</i>	<i>Luft (Helium, Kohlenstoffdioxid als mögliche Ergänzungen)</i>
<b>Merkmale:</b>	<i>haben eine bestimmte (eigene) Form</i>	<i>passen sich an die Form des jeweiligen Gefäßes an (haben keine bestimmte Form), sind fließend</i>	<i>passen sich an die Form des jeweiligen Gefäßes an (haben keine bestimmte Form), füllen einen Raum gleichmäßig aus</i>

SB S. 30 „Steckbrief von ...“  
Aufgabe 2

<b>Steckbrief von Luft</b>	
Farbe:	<i>farblos</i>
Transparenz:	<i>durchsichtig/ transparent</i>
Geruch:	<i>geruchlos</i>
Aggregatzustand:	<i>gasförmig</i>

Aufgabe 3

<b>feste Körper</b>	<b>flüssige Körper</b>	<b>gasförmige Körper</b>
Schlüssel	Tee in der Kanne	Luft im Luftballon
z.B. Tisch	z.B. Saft in der Flasche	z.B. Luft im Fußball
z.B. Hammer	z.B. Benzin im Kanister	z.B. Luft in der Luftmatratze

SB S. 32 „Das ‚Flaschenteufelchen‘“  
Aufgabe 5

Drückt man auf die Flasche, dann *sinkt* das „Flaschenteufelchen“. Denn durch den Druck kommt *Wasser* hinein und das Röhrchen wird *schwerer*. Die *Luft* in dem Röhrchen wird zusammengedrückt. Man sagt auch: Luft lässt sich komprimieren. Lässt man die Flasche los, dann dehnt sich die Luft wieder aus und drückt das *Wasser* aus dem Röhrchen. Das „Flaschenteufelchen“ wird leichter und steigt nach *oben*.






# Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern

SB S. 36 „Kontrolle“

Aufgabe 1

fest <b>A</b>	flüssig <b>B</b>	gasförmig <b>C</b>	
Wasser	<i>B</i>	Holz	<i>A</i>
Luft	<i>C</i>	Zucker	<i>A</i>
Öl	<i>B</i>	Eisen	<i>A</i>
Knete	<i>A</i>	Essig	<i>B</i>

Aufgabe 2

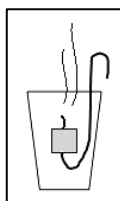
		
<i>Glas, Wasser (Luft)</i>	<i>Gummi, Luft, (Schnur/ Faden)</i>	<i>Metall (Eisen/ Stahl), Plastik</i>

UE 4 „Kohlendioxid“



SB S. 38 „Was verursacht das Sprudeln beim Auflösen einer Brausetablette?“

Aufgabe 5



SB S. 39 „Was verursacht das Sprudeln beim Auflösen einer Brausetablette?“

Aufgabe 7

Steckbrief von Kohlendioxid		
Farbe:	<i>farblos</i>	
Transparenz:	<i>durchsichtig</i>	
Geruch:	<i>geruchlos</i>	
Wirkung auf Feuer:	<i>erstickend</i>	
leichter oder schwerer als Luft:	<input type="checkbox"/> leichter <input checked="" type="checkbox"/> schwerer	
Aggregatzustand:	<i>gasförmig</i>	

SB S. 40 „Wo kommt Kohlendioxid noch vor?“

Aufgabe 1

Kalkwasser ist farblos und *durchsichtig*.  
Leitet man Kohlendioxid in das Kalkwasser ein, so färbt sich das Kalkwasser *milchig trüb (weiß)*.

SB S. 43 „Silvesterknaller mit Brausetabletten“

Aufgabe 2

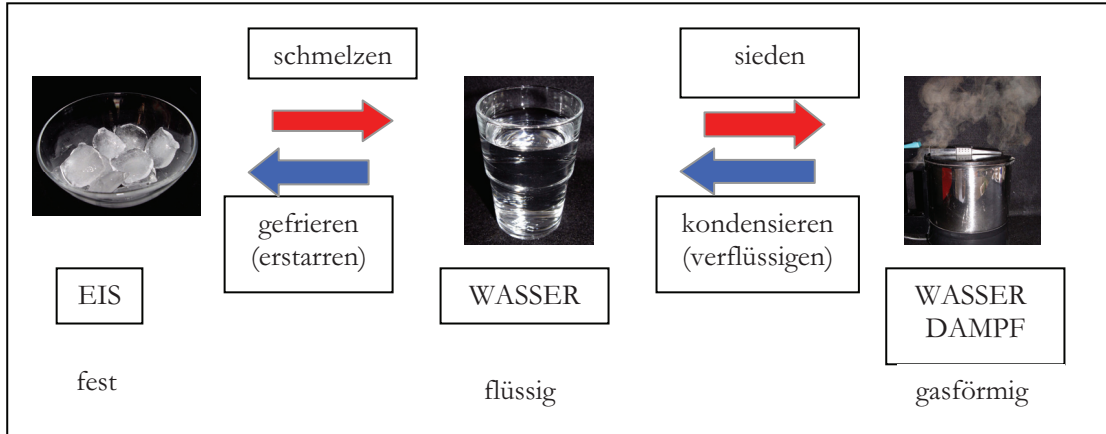
*Im Röhrchen entsteht Kohlendioxid. Es braucht Platz und drückt von innen gegen den Deckel, bis dieser schließlich abgesprengt wird.*

## UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“



SB S. 44 - 45 „Wie lässt sich Wasser in die drei Aggregatzustände umwandeln?“

Aufgaben 1 bis 4



SB S. 46 „Wir üben das Ablesen der Temperatur“

Aufgabe 2

a) -15 °C; b) 31 °C; c) 13 °C; d) 57 °C; e) -5 °C

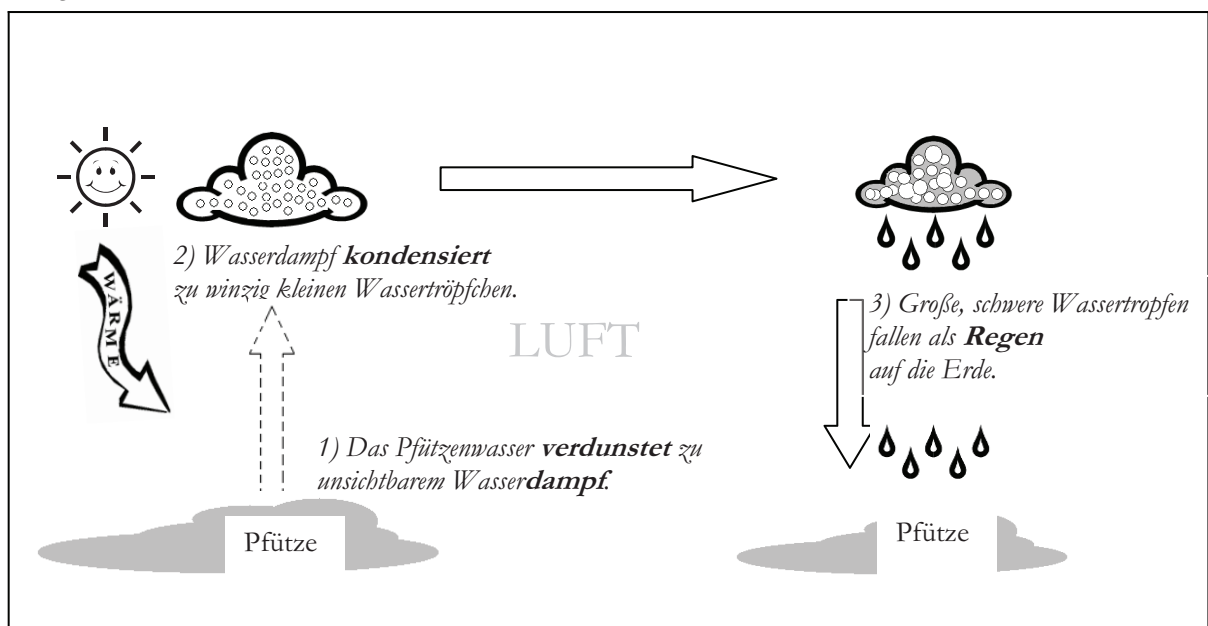
SB S. 48 „Sieden und Verdunsten von Wasser“

Aufgabe 3

Beispiele	sieden	verdunsten
1. Wäsche trocknet auf der Leine.		x
2. Auf dem Herd kocht Suppe.	x	
3. Nasses Haar wird gefönt.		x
4. Im Wasserkocher siedet Wasser.	x	
5. Ein getuschtes Bild trocknet.		x

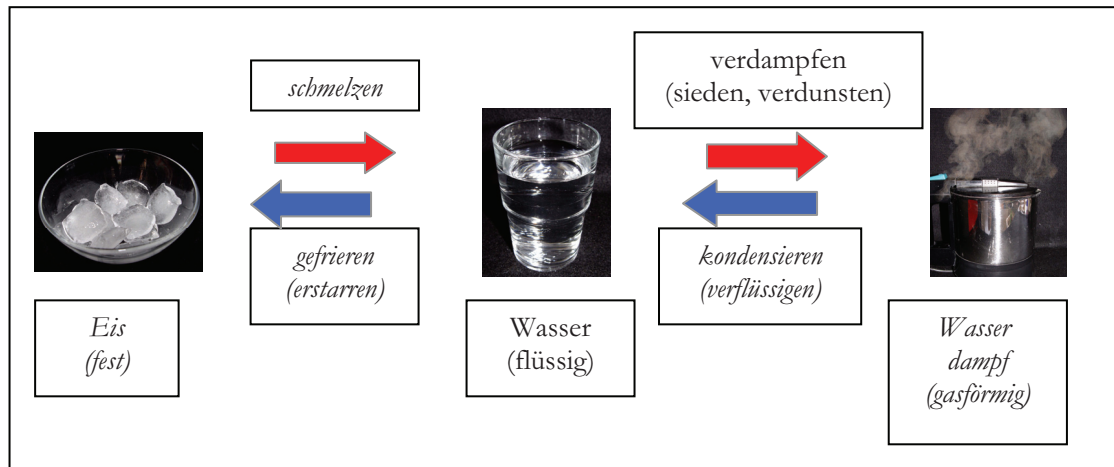
SB S. 49 „Was passiert mit dem Pfützenwasser nach dem Regen?“

Aufgaben 1 bis 2



# Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern

SB S. 50 „Kontrolle“  
Aufgabe 1



Aufgabe 2

- a) Das Teewasser kocht. *sieden*
- b) Aus Wassertropfchen werden Schneeflocken. *gefrieren*
- c) Am Himmel bilden sich Wolken. *kondensieren*
- d) Das Eis auf einem See taut. *schmelzen*
- e) Die Pfütze trocknet aus. *verdunsten*

SB S. 51, 52 „Wasser ist ein echter Verwandlungskünstler“  
Aufgabe 2

fest	flüssig	gasförmig
<i>Schnee</i> <i>Hagel</i> <i>Reif</i>	<i>Regen</i> <i>Tau</i> <i>Nebel</i> <i>Wolken</i>	<i>unsichtbarer Wasser</i> <i>dampf in der Luft</i>

UE 6 „Wasser als Lösungsmittel (Abwasserreinigung)“

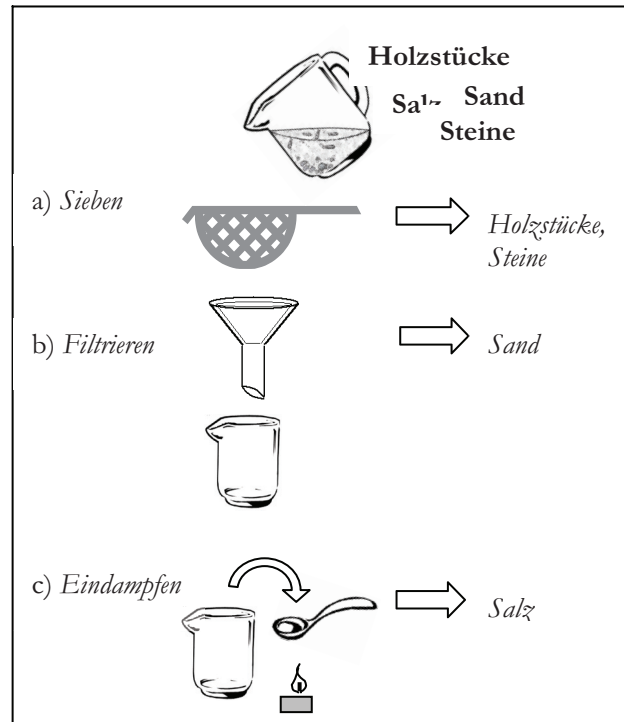


SB S. 55 „Wie wird aus Schmutzwasser wieder sauberes Wasser?“  
Aufgabe 3

Stoff	Stoffeigenschaften
Wasser	<i>z.B. flüssig, farblos, geschmacklos, durchsichtig</i>
Salz	<i>z.B. fest, weiß, salziger Geschmack</i>

# Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern

SB S. 56 „Methoden der Stofftrennung“  
Aufgabe 1



SB S. 60 „Löslichkeit in Wasser ist eine Stoffeigenschaft“  
Aufgabe 2

a) x                      b) -                      c) x

Aufgabe 3

Stoff	in Wasser löslich	in Wasser unlöslich
Holz		x
Sand		x
Salz	x	
Mehl		x
Zucker	x	
Kreide		x
Kerzenwachs		x
Metall		x

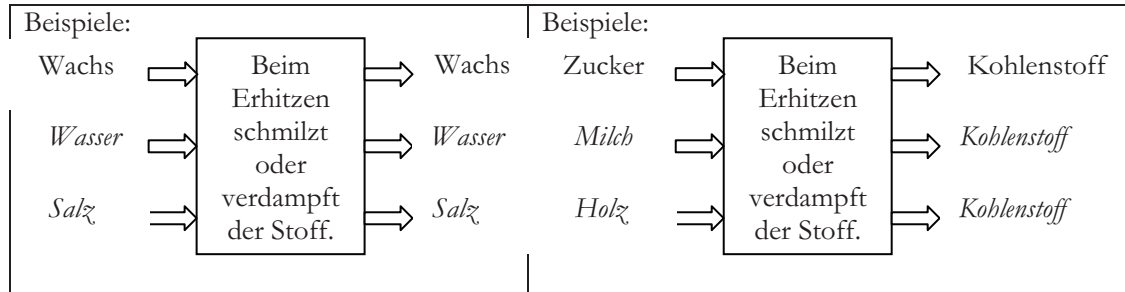
## Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern

### UE 7 „Stoffumwandlung“



SB S. 61 „Wie verhalten sich Stoffe beim Erhitzen?“

Aufgabe 1



Aufgabe 2

- ☐ Schokolade liegt längere Zeit in der Sonne.
- ☐ Ein Stück Holz wird mit einer Feile bearbeitet.
- ☒ Milch läuft beim Überkochen auf die heiße Herdplatte.
- ☐ Ein Blatt Papier wird zerrissen.
- ☒ Toastbrot verkohlt im Toaster.
- ☐ Tee wird mit Zucker versüßt.
- ☒ Kuchenteig wird im Backofen erhitzt und geht auf.

### UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“



SB S. 62 „Welche Stoffe sind brennbar?“

Aufgabe 1

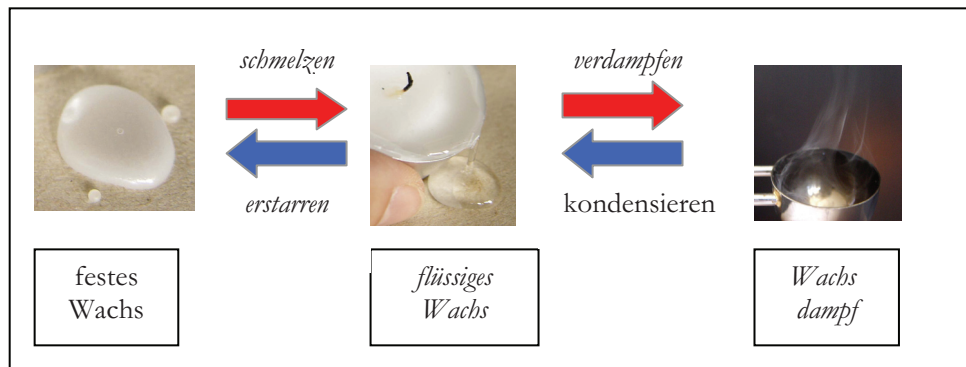
Stoff	brennbar	nicht brennbar
Papier	x	
Pappe	x	
Erde oder Sand		x
Holz	x	
Stein		x
Kohle	x	
Glas		x
Keramik		x
Laub	x	
Metall		x
Baumwollstoff oder Baumwollfaden	x	
Wasser		x
Benzin	x	
Spiritus (Alkohol)	x	
Feuerzeuggas	x	
Kerzenwachs	x	



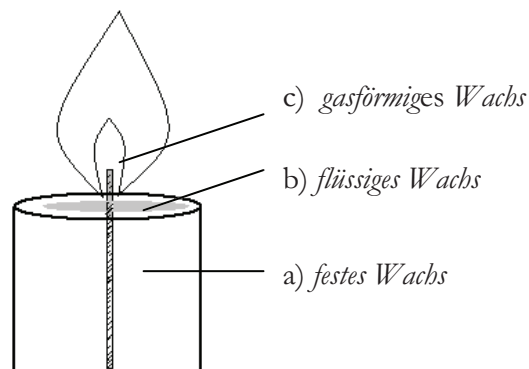
# Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern

SB S. 63 „Ist Kerzenwachs brennbar?“

Aufgabe 1



Aufgabe 3

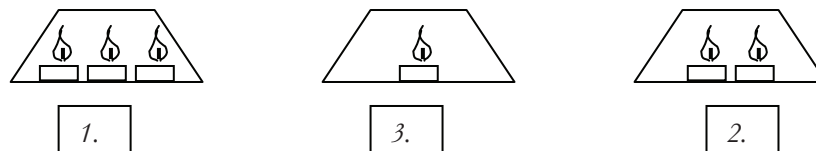


SB S. 65 „Denkaufgabe“

Aufgabe 1

- a) ☒ Die Kerzen gehen allmählich aus.
- b) ☐ Die Kerzen gehen plötzlich aus.
- c) ☐ Alle Kerzen gehen gleichzeitig aus.
- d) ☐ Das einzelne Teelicht geht zuerst aus.
- e) ☒ Die zwei Teelichter unter dem Schälchen gehen zuerst aus.

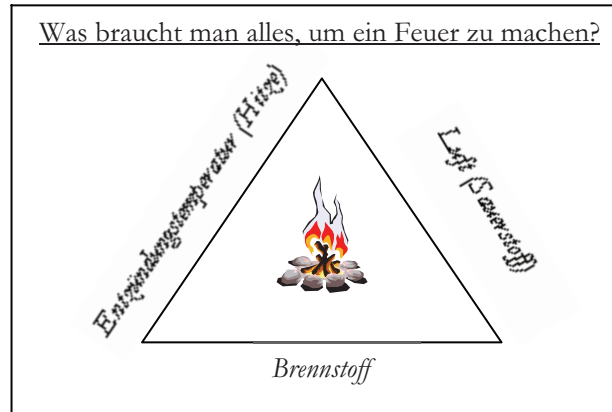
Aufgabe 3



## Lösungen zu den Schülerarbeitsblättern

SB S. 66 „Welche Stoffe sind brennbar?“

Aufgabe 1



Aufgabe 2

*C, A, B*

*Je fein verteilt ein Brennstoff ist, desto besser ist seine Durchmischung/ Berührung mit Luft (Sauerstoff) und desto leichter lässt er sich anzünden.*

SB S. 68 „Wie löscht man Feuer?“

Aufgabe 2

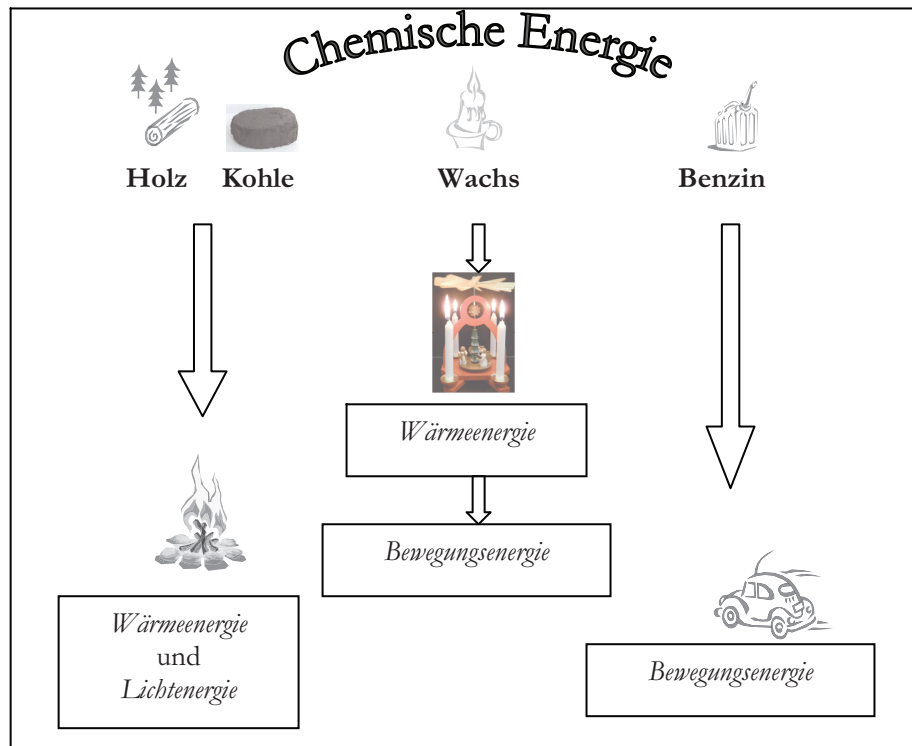
Art des Brandes	Entfernen des brennbaren Stoffes	Abkühlen unter die Entzündungstemperatur	Unterbrechen der Luftzufuhr (Ersticken)
Lagerfeuer	<i>Holzvorräte entfernen</i>	<i>mit Wasser löschen</i>	<i>mit Sand oder Erde ersticken</i>
Waldbrand	<i>Schneisen schlagen</i>	<i>mit Wasser löschen</i>	
Weihnachts gesteck brennt auf dem Tisch	<i>Gegenstände aus brennbaren Stoffen vom Tisch entfernen</i>	<i>mit Wasser löschen</i>	<i>mit (feuchter) Decke schnell und vollständig abdecken</i>
Fettbrand in der Pfanne	<i>Pfanne von der Platte ziehen, Herd ausschalten</i>		<i>mit Deckel abdecken</i>

SB S. 69 „Wozu verbrennt der Mensch eigentlich Stoffe?“

Aufgabe 1

Verbrennung von ...	Nutzen für den Menschen
Holz beim Lagerfeuer	<i>Wärme, Licht, zum Garen von Nahrung</i>
Kohle, Holz im Ofen oder Kamin	<i>Wärme/ zum Heizen</i>
Wachs bei einer Kerze	<i>Licht</i>
Kerzenwachs bei der Weihnachtspyramide	<i>Licht, Drehbewegung der Pyramide</i>
Brennstoff (dem Feuerzeuggas ähnlich) beim Heißluftballon	<i>Aufsteigen in den Himmel/ Bewegung/ Fahren</i>
Benzin im Automotor	<i>Bewegung/ Fahren</i>

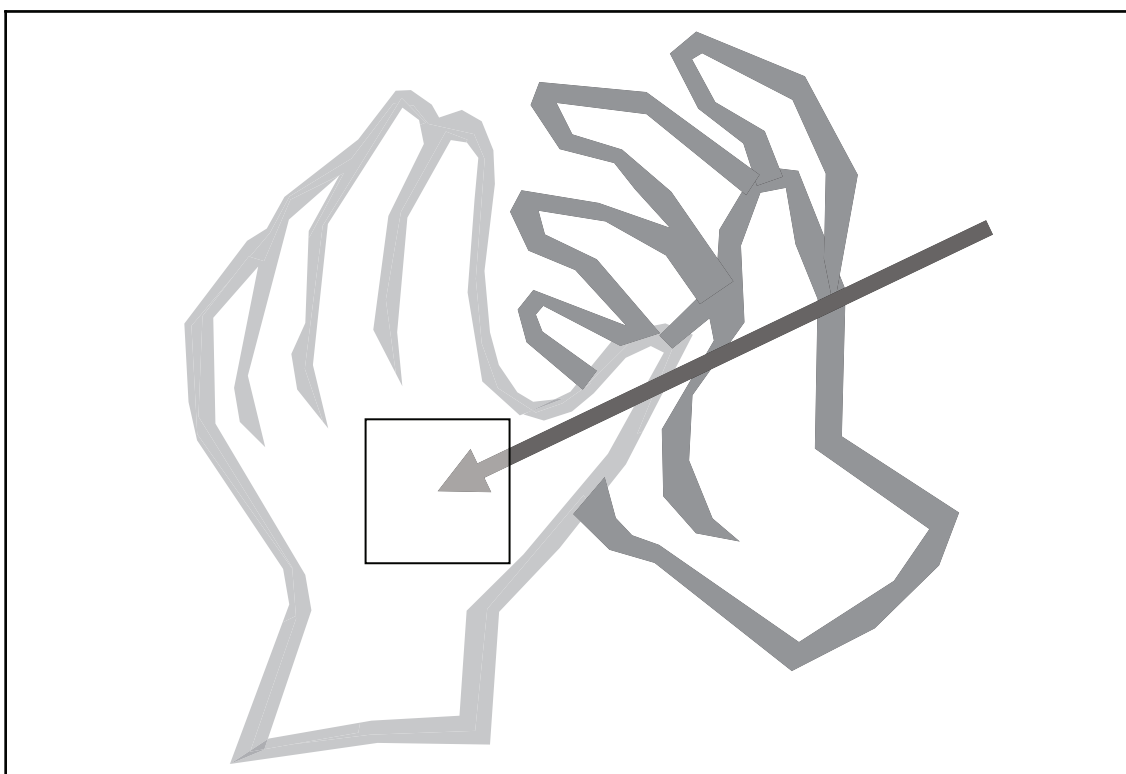
SB S. 70 „Wozu verbrennt der Mensch eigentlich Stoffe?“  
Aufgabe 1 b)



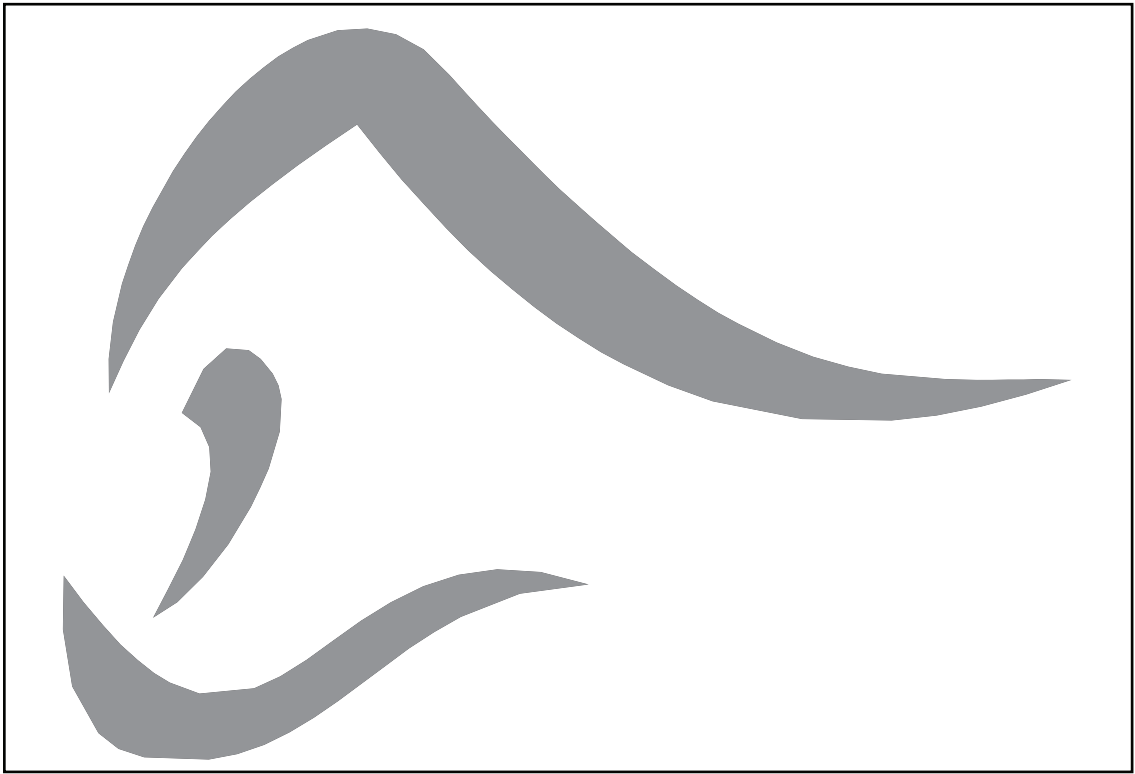
SB S. 71 „Wie kommt es, dass ein Auto fahren kann?“  
Aufgabe 1

Holzstab mit Korken und Stecknadeln 5  
Drahtflasche 4  
Deckel 3  
Rad 6  
Dose 2  
brennender Holzspan 1

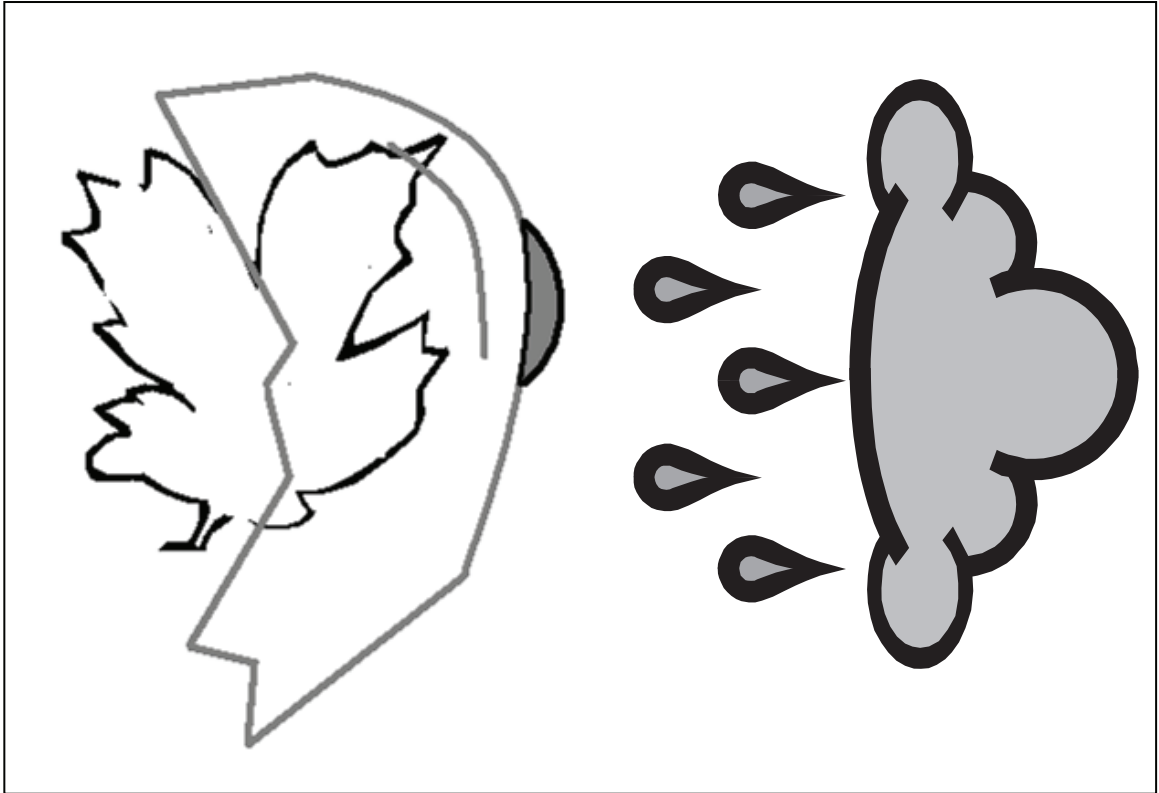


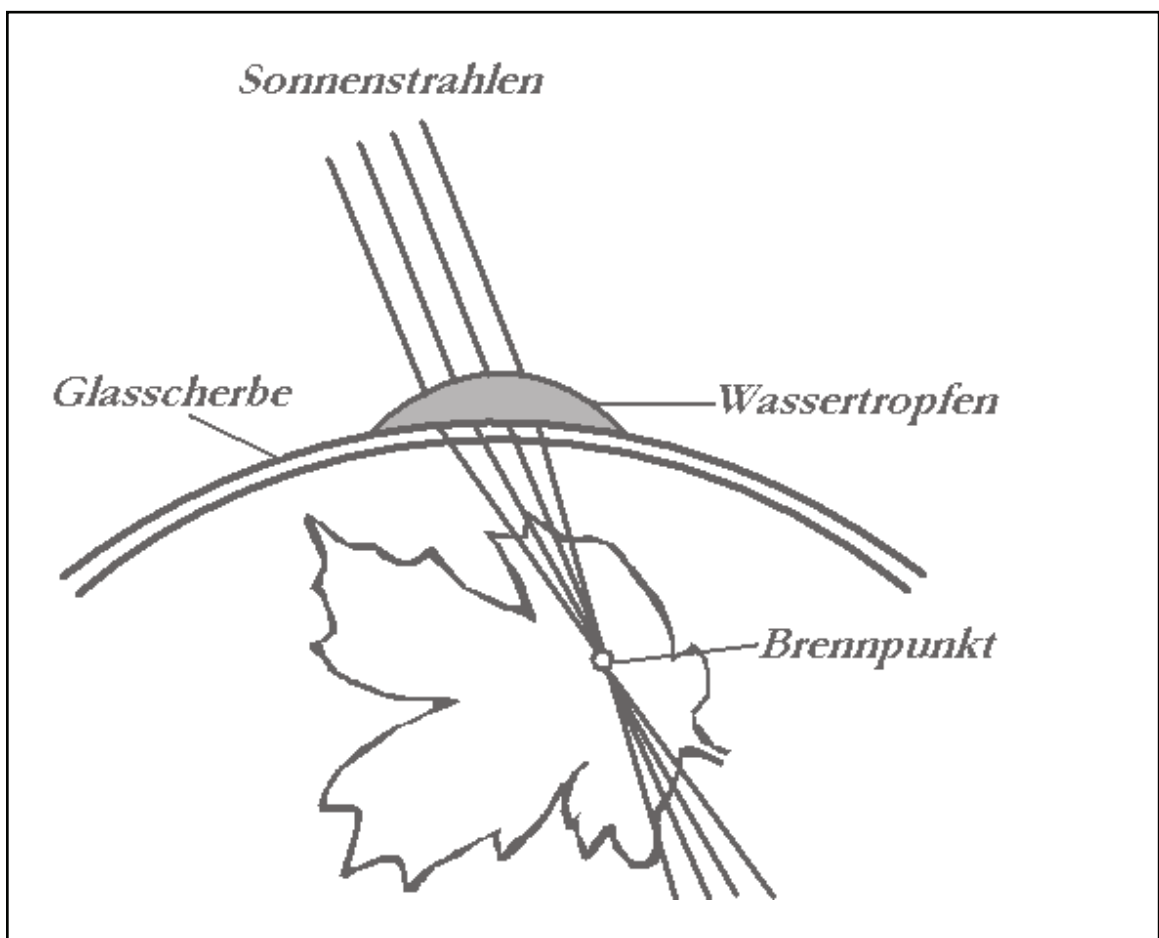
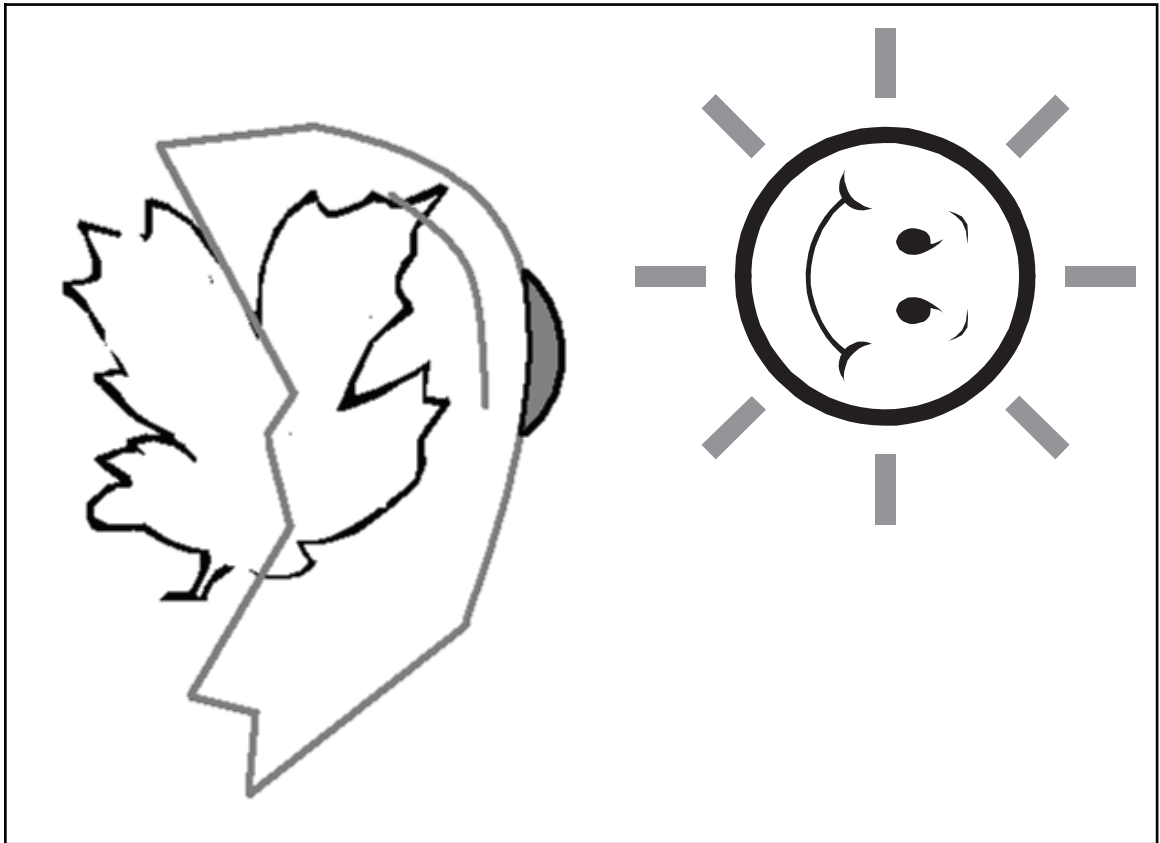














## STATION 1: Das Betrachten von Stoffen



Ihr sollt nur mit Hilfe eurer Augen herausfinden, welche Stoffe sich in den Dosen befinden. Ihr dürft die Dosen öffnen, in die Hand nehmen und vorsichtig hin- und herbewegen. Aber ihr dürft nicht hineinfassen und nicht daran riechen!!!

Einer von euch beginnt. Der Partner muss kontrollieren!



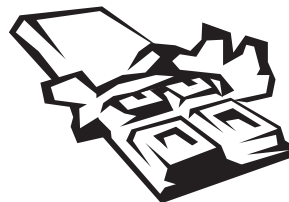
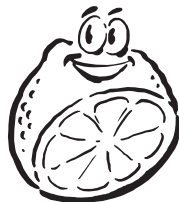
## STATION 2: Das Erschmecken von Stoffen



Verbinde deinem Partner die Augen! Erst jetzt öffnest du den Behälter für deinen Mitschüler und lässt ihn nacheinander die verschiedenen Lebensmittel probieren!

Er darf sie nicht in die Hand nehmen! Er soll die Stoffe nur am Geschmack erkennen.

Danach tauscht ihr die Rollen. Jetzt musst du die Lebensmittel aus deinem Behälter mit verbundenen Augen erschmecken!





### STATION 3: Das Erriechen von Stoffen



Verbinde deinem Partner die Augen! Erst jetzt öffnest du nacheinander die Fotodosen für deinen Mitschüler und lässt ihn daran riechen! Er soll am Geruch erkennen, was sich in den Dosen befindet.

Bevor du eine neue Dose öffnest, musst du die alte wieder verschließen!

Anschließend tauscht ihr die Rollen!

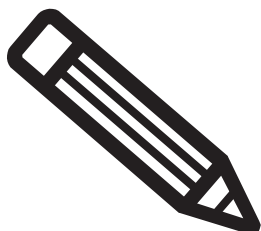


### STATION 4: Das Ertasten von Alltagsgegenständen



Verbinde deinem Partner die Augen! Erst jetzt öffnest du die Kiste für deinen Mitschüler und reichst ihm nacheinander die verschiedenen Gegenstände. Er soll durch Ertasten herausfinden, um welche Gegenstände es sich handelt.

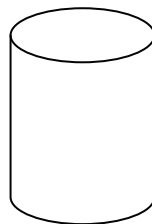
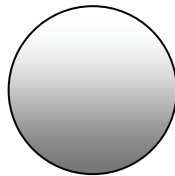
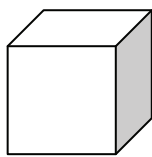
Anschließend tauscht ihr die Rollen! Du musst jetzt die Gegenstände aus deiner Kiste ertasten!



## STATION 5: Das Ertasten von mathematischen Körpern



Verbinde deinem Partner die Augen! Erst jetzt öffnest du den Karton und reichst die Körper nacheinander deinem Mitschüler. Er soll sie ertasten und benennen. Danach tauscht ihr die Rollen!

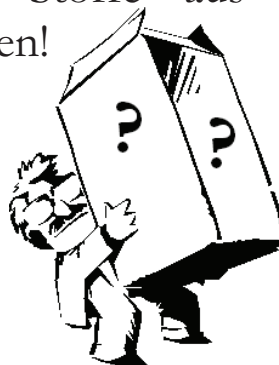


## STATION 6: Das Ertasten von Stoffen unterschiedlicher Form



Verbinde deinem Partner die Augen. Erst jetzt öffnest du den Karton für deinen Mitschüler und reichst ihm nacheinander die verschiedenen Materialien! Er soll durch Ertasten herausfinden, um welche Stoffe es sich handelt.

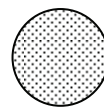
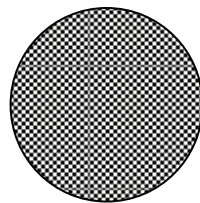
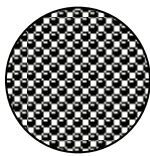
Danach musst du die Stoffe aus deinem Karton mit verbundenen Augen ertasten!



## STATION 7: Das Ertasten von Stoffen gleicher Form



Verbinde deinem Partner die Augen. Erst jetzt öffnest du den Karton für deinen Mitschüler! Er soll durch Ertasten herausfinden, aus welchem Stoff die Kugeln bestehen. Anschließend tauscht ihr die Rollen!



## STATION 8: Die Schütteldose



Schaut euch die Stoffe auf dem Tisch an! Genau diese Stoffe sind in den geschlossenen Fotodosen versteckt. Aber in welcher Dose befindet sich welcher Stoff?

Haltet die Dosen nacheinander an eure Ohren und schüttelt sie. Ihr sollt am Klang erkennen, welcher Stoff sich in welcher Fotodose befindet!

Einer von euch beginnt! Der Partner kontrolliert!



## STATION 9: Welche Gegenstände zieht ein Magnet an?



Jeder von euch nimmt sich ein Arbeitsblatt! Bearbeitet nacheinander die Aufgaben 1 bis 4!



## STATION 10: Leichter, schwerer oder gleich schwer?



Jeder von euch nimmt sich ein Arbeitsblatt! Bearbeitet nacheinander die Aufgaben 1 bis 4!



## Materiallisten (Lösungen):

Kopieren, ausschneiden und auf die Innenseite der Kartondeckel kleben!



STATION 1: 	
Das Betrachten von Stoffen	
Nummer	Stoff
1	Glas
2	Holz
3	Wasser
4	Öl

(Kartonhälfte rot)

STATION 1: 	
Das Betrachten von Stoffen	
Nummer	Stoff
1	Aluminium (Alufolie)
2	Papier
3	Wachs
4	Essig


(Kartonhälfte grün)

Werden andere Materialien eingesetzt, können diese Vorlagen verwendet werden.

STATION 1: 	
Das Betrachten von Stoffen	
Nummer	Stoff
1	
2	
3	
4	

STATION 1: 	
Das Betrachten von Stoffen	
Nummer	Stoff
1	
2	
3	
4	




<b>STATION 2:</b> <b>Das Erschmecken</b> <b>von Stoffen</b> 	
Nummer	Stoff
1	Zitronensaft
2	Schokolade
3	Wasser
4	Erdnuss


(Kartonhälfte rot)


<b>STATION 2:</b> <b>Das Erschmecken</b> <b>von Stoffen</b> 	
Nummer	Stoff
1	Gummibärchen
2	Pfefferminztee
3	Marzipan
4	Zitronensaft

(Kartonhälfte grün)

Werden andere Materialien eingesetzt, können diese Vorlagen verwendet werden.

<b>STATION 2:</b> <b>Das Erschmecken</b> <b>von Stoffen</b> 	
Nummer	Stoff
1	
2	
3	
4	

<b>STATION 2:</b> <b>Das Erschmecken</b> <b>von Stoffen</b> 	
Nummer	Stoff
1	
2	
3	
4	


<b>STATION 3:</b> <b>Das Erriechen von Stoffen</b> 	
Nummer	Stoff
1	Pfefferminze
2	Benzin
3	Zimt
4	Kamille
5	Essig

(Kartonhälfte rot)

<b>STATION 3:</b> <b>Das Erriechen von Stoffen</b> 	
Nummer	Stoff
1	Kaffee
2	Orange
3	Essig
4	Knoblauch
5	Eukalyptus

(Kartonhälfte grün)

Werden andere Materialien eingesetzt, können diese Vorlagen verwendet werden.

<b>STATION 3:</b> <b>Das Erriechen von Stoffen</b> 	
Nummer	Stoff
1	
2	
3	
4	
5	

<b>STATION 3:</b> <b>Das Erriechen von Stoffen</b> 	
Nummer	Stoff
1	
2	
3	
4	
5	


<b>STATION 4:</b> <b>Das Ertasten von</b> <b>Alltagsgegenständen</b> 	
Nummer	Gegenstand
1	Gabel
2	Schlüssel
3	Luftballon
4	Strohalm
5	Armbanduhr
6	Kiefernzapfen


(Kartonhälfte rot)


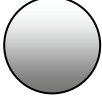
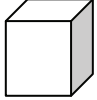
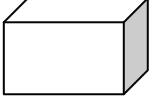
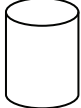
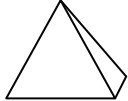
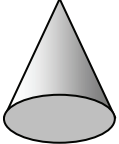
<b>STATION 4:</b> <b>Das Ertasten von</b> <b>Alltagsgegenständen</b> 	
Nummer	Gegenstand
1	Löffel
2	Schraube
3	Tasse
4	Spritze
5	Muschel
6	Brille

(Kartonhälfte grün)

Werden andere Materialien eingesetzt, können diese Vorlagen verwendet werden.

<b>STATION 4:</b> <b>Das Ertasten von</b> <b>Alltagsgegenständen</b> 	
Nummer	Gegenstand
1	
2	
3	
4	
5	
6	

<b>STATION 4:</b> <b>Das Ertasten von</b> <b>Alltagsgegenständen</b> 	
Nummer	Gegenstand
1	
2	
3	
4	
5	
6	

<b>STATION 5:</b> <b>Das Ertasten von</b> <b>mathematischen Körpern</b> 	
Form	Körper
	Kugel
	Würfel
	Quader
	Zylinder
	Pyramide
	Kegel


<b>STATION 6:</b> <b>Das Ertasten von Stoffen</b> <b>unterschiedlicher Form</b> 	
Nummer	Stoff
1	Watte
2	Knete
3	Holz
4	Kork
5	Plastik
6	Wasser
7	Salz


(Kartonhälfte rot)

<b>STATION 6:</b> <b>Das Ertasten von Stoffen</b> <b>unterschiedlicher Form</b> 	
Nummer	Stoff
1	Zellstoff
2	Gummi
3	Wachs
4	Fell
5	Metall (Aluminium)
6	Sand
7	Styropor

(Kartonhälfte grün)

Werden andere Materialien eingesetzt, können diese Vorlagen verwendet werden:

<b>STATION 6:</b> <b>Das Ertasten von Stoffen</b> <b>unterschiedlicher Form</b> 	
Nummer	Stoff
1	
2	
3	
4	
5	
6	


<b>STATION 6:</b> <b>Das Ertasten von Stoffen</b> <b>unterschiedlicher Form</b> 	
Nummer	Stoff
1	
2	
3	
4	
5	
6	



**STATION 7:**  
**Das Ertasten von Stoffen**  
**gleicher Form**



Nummer	Stoff
1	Holzkugel
2	Glaskugel
3	Knetkugel
4	Styroporkugel
5	Plastikkugel
6	Wollkugel
7	Metallkugel


<b>STATION 8:</b> <b>Die Schütteldose</b> 	
Nummer	Stoff
1	feiner Zucker
2	Aluminiumschnipsel
3	Kandiszucker
4	Puderzucker


(Kartonhälfte rot)

<b>STATION 8:</b> <b>Die Schütteldose</b> 	
Nummer	Stoff
1	Korkstücke
2	Wasser
3	Sand
4	Öl

(Kartonhälfte grün)

Werden andere Materialien eingesetzt, können diese Vorlagen verwendet werden.

<b>STATION 8:</b> <b>Die Schütteldose</b> 	
Nummer	Stoff
1	
2	
3	
4	

<b>STATION 8:</b> <b>Die Schütteldose</b> 	
Nummer	Stoff
1	
2	
3	
4	

**UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“**  
Die Aggregatzustände des Wassers













**EIS**

**WASSER**

**WASSER-  
DAMPF**

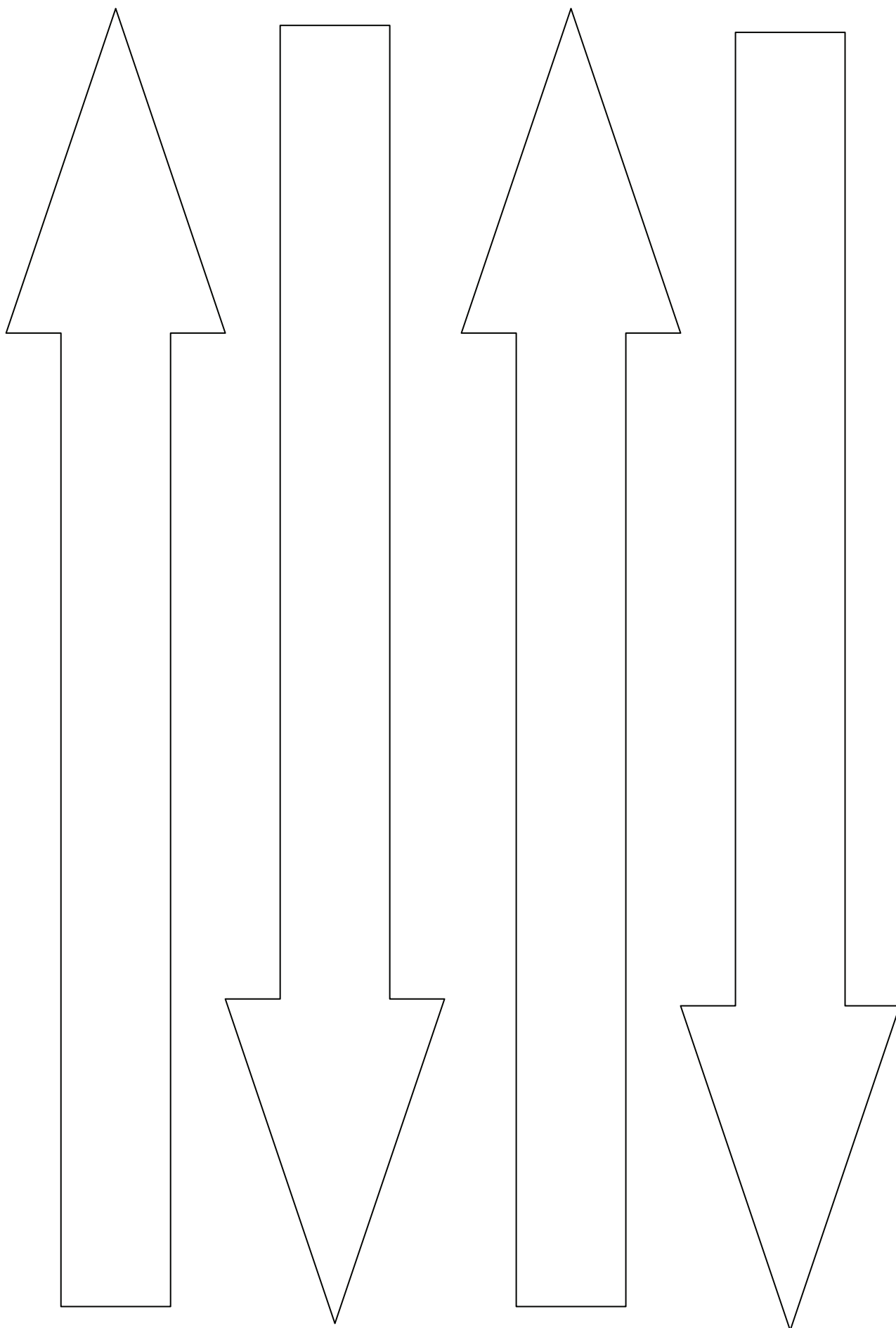
**schmelzen**

**gefrieren  
(erstarren)**

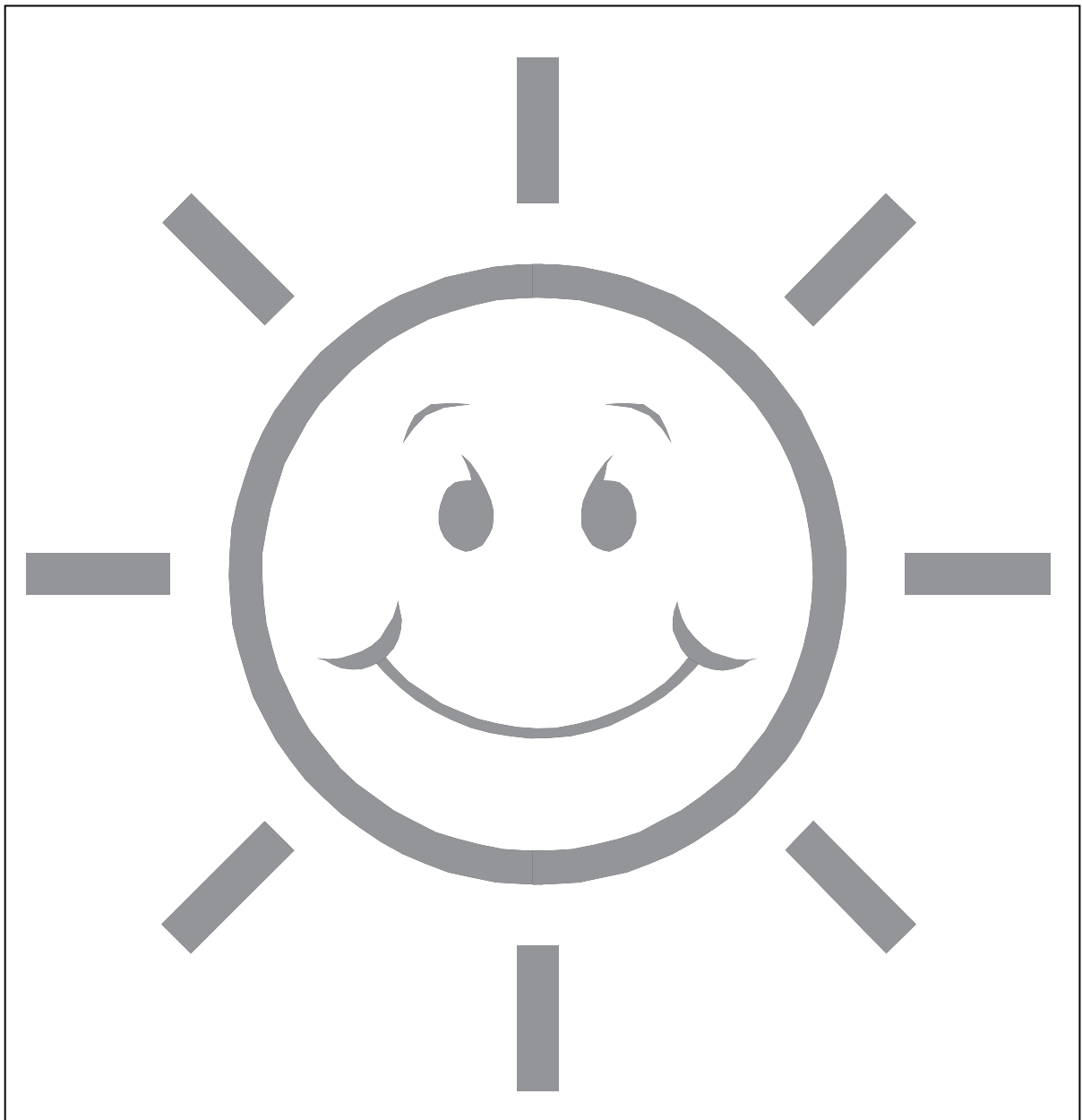
**sieden**

**verdunsten**

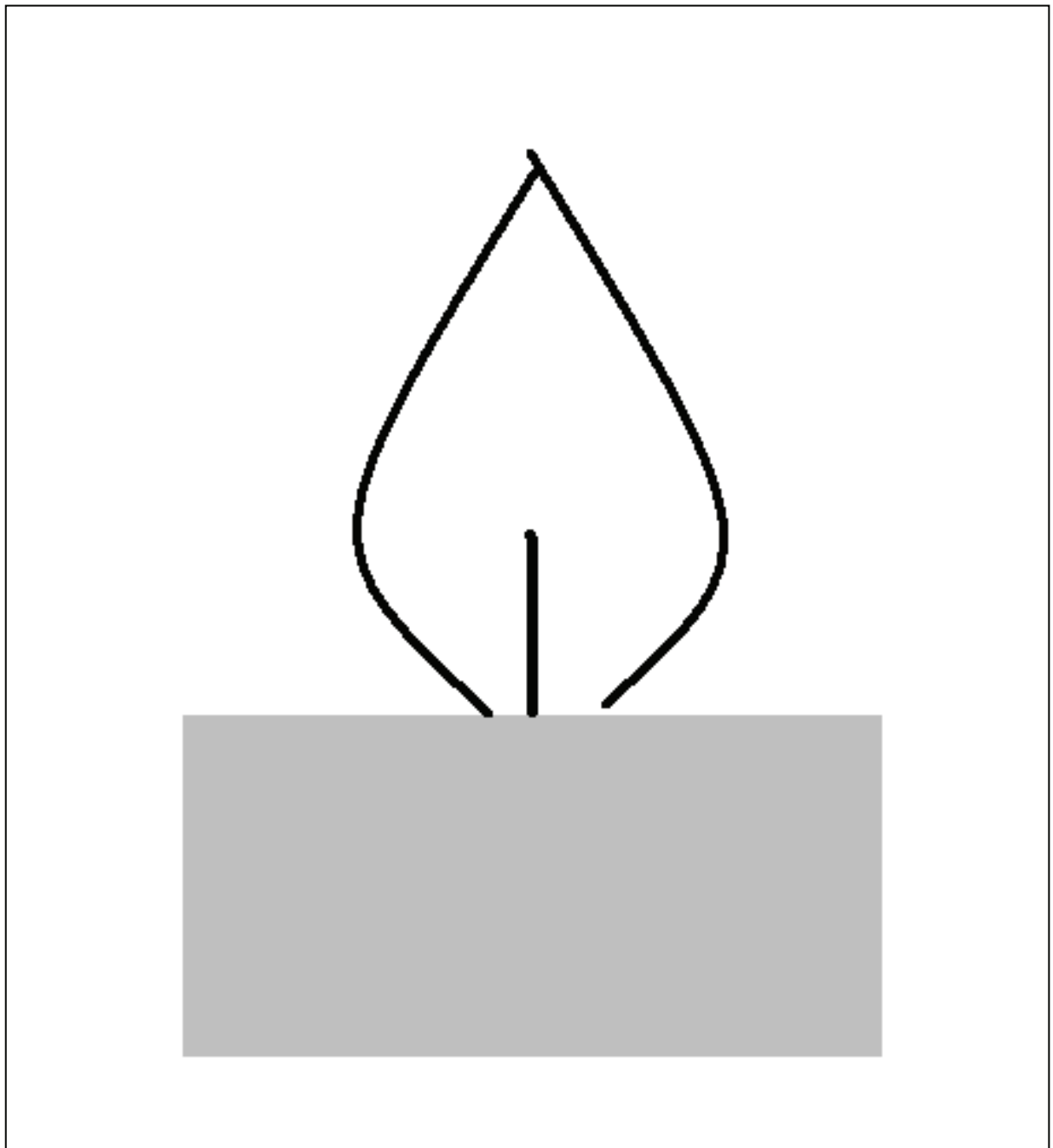
**kondensieren  
(verflüssigen)**



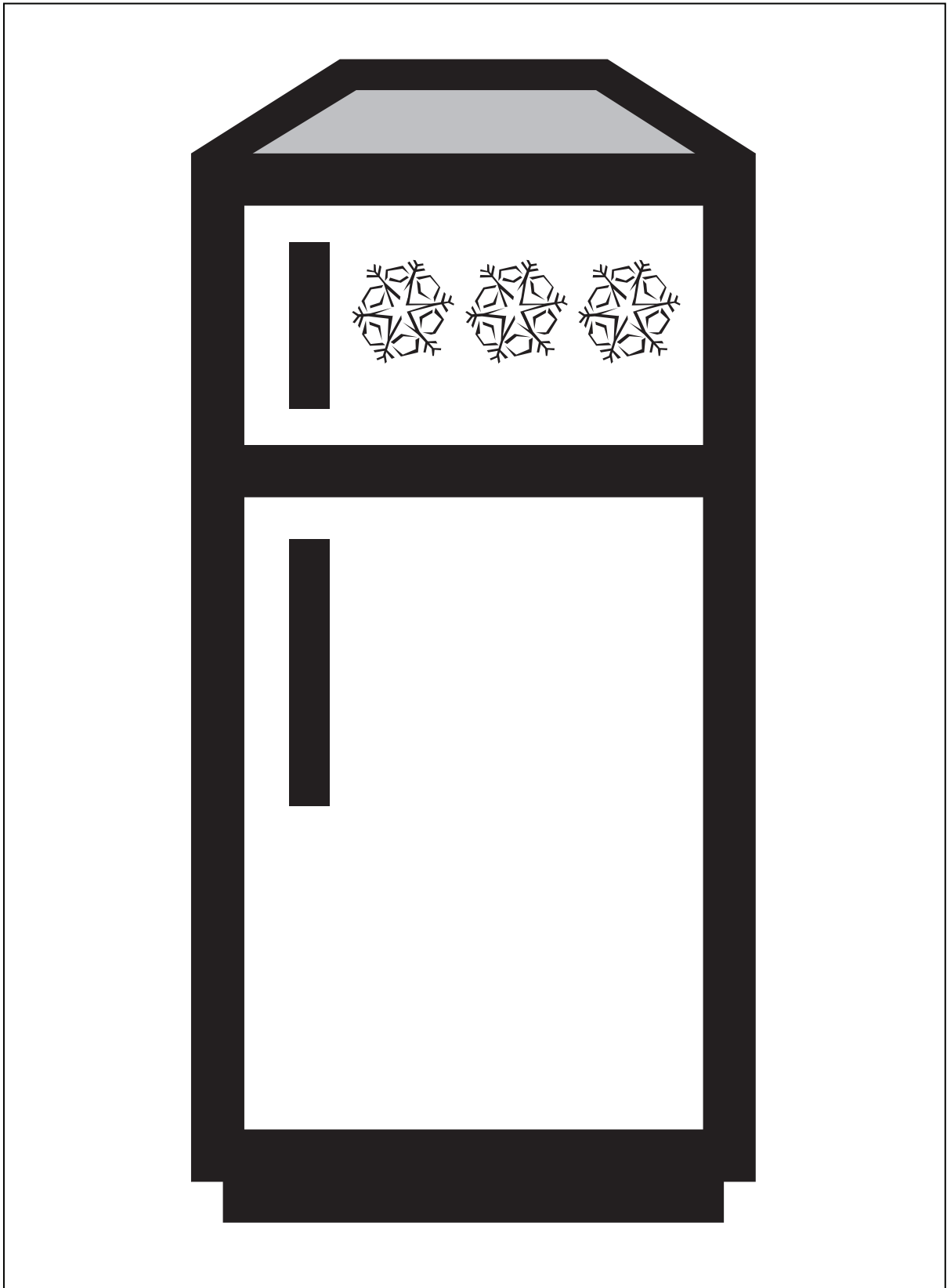
# unsichtbarer Wasserdampf in der Luft



















## Eis – der feste Aggregatzustand des Wassers

Die Bilder 1 bis 5 zeigen, dass Eis als fester Körper im Gegensatz zu flüssigem Wasser jeweils eine bestimmte/ eigene Form hat.



B1



B2



B3



B4



B5

Bild 1: Eisblock an der Küste nahe Jökulsárlón (Island)

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bild:IceBlockNearJoekullsarlon.jpg&filetimestamp=20050510045739>

Bilder 2 und 3: <http://www.eisdesign.baar.de/10712.html>

Bild 4: <http://www.eisdesign.baar.de/23101.html>

Bild 5: <http://www.eisdesign.baar.de/30329.html>

## Wasserdampf – der gasförmige Aggregatzustand des Wassers

Bilder 1 bis 3: Wenn Wasser kocht (siedet), steigen große Blasen auf. In diesen Blasen befindet sich gasförmiger, unsichtbarer Wasserdampf.



B1



B2



B3



Die Bilder 4 bis 6 veranschaulichen, dass Wasserdampf als Gas sich gleichmäßig in dem zur Verfügung stehenden Raum verteilt. Bild 6 zeigt, dass sich der meiste Wasserdampf wieder zu flüssigem Wasser zurück verwandelt hat.



B4



B5



B6

# Schülerbefragungen in der Unterrichtserprobung

## UE 1 „Forschen und Beobachten“

1. Warum lassen Lupen Gegenstände größer erscheinen? Was vermutest du?  
(teils mündliche, teils schriftliche Befragung während des Unterrichts)
2. Warum kann man mit einer Lupe und Sonnenstrahlen ein Streichholz entzünden?  
(schriftliche Befragung während des Unterrichts)

## UE 2 „Körper und Stoffe“

1. Auf dem Tisch liegen verschiedene Gegenstände. Was vermutest du, welche werden wohl von einem Magneten angezogen? Kreuze an!

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| a) Eisenschraube | f) Glaskugel   |
| b) Plastikknopf  | g) Holzstück   |
| c) Alufolie      | h) Silberring  |
| d) Stein         | i) Kupferdraht |
| e) Eisenkugel    |                |

(schriftliche Befragung während des Unterrichts)

2. Betrachte die Balkenwaage und lies dann folgenden Text!  
„Auf jeder Balkenschale liegt eine Knetkugel. Der Balken ist gerade. Das zeigt: Beide Knetkugeln sind gleich schwer. Man sagt dann: Die Balkenwaage ist im Gleichgewicht.“  
Nimm nur eine Knetkugel von der Waage herunter! Forme jetzt aus dieser Knetkugel eine Schlange! Was vermutest du? Ist die Knetschlange schwerer geworden, leichter oder ist sie gleich schwer geblieben? Kreuze an!

Vermutung: ☐ schwerer ☐ leichter ☐ gleich schwer

(schriftliche Befragung während des Unterrichts)

3. Warum fällt ein zusammengeknülltes Papier schneller auf die Erde als ein glattes Papier? Kreuze an! (Mehrfachantworten möglich)

- a) ☐ Weil es stärker von der Erde angezogen wird.
- b) ☐ Weil das Papier durch das Zusammenknüllen schwerer geworden ist.
- c) ☐ Weil es beim Runterfallen weniger durch die Luft gebremst wird.
- d) ☐ weiß nicht

(schriftlicher Vortest zu Beginn der Unterrichtserprobung nach folgender Demonstration: Zwei gleichgroße Blätter Papier, von denen eins zu einer Kugel zusammengeknüllt wird, werden gleichzeitig aus gleicher Höhe fallen gelassen.)

4. Ist feiner Zucker fest oder flüssig? Begründet eure Entscheidung!  
(teils mündliche, teils schriftliche Befragung während des Unterrichts nach folgender Demonstration: Feiner Zucker wird in verschieden geformte Gefäße umgeschüttet. Die Stoffportion passt sich stets der jeweiligen Form des Gefäßes an - wie bei Flüssigkeiten.)



### **UE 3 „Luft begreifen“**

1. Ein Glas mit einem Papiertuch wird mit der Öffnung nach unten ganz unter Wasser gedrückt. Dann wird das Glas wieder aus dem Wasser herausgenommen.  
Wird das Papiertuch in dem Glas nass oder bleibt es trocken? Kreuze an und begründe deine Entscheidung!  
a) ☐ Das Papiertuch im Glas wird nass, weil ...  
b) ☐ Das Papiertuch im Glas bleibt trocken, weil ...  
(schriftlicher Vortest zu Beginn der Unterrichtserprobung)
2. Obwohl das Glas mit dem Papiertuch ganz unter Wasser getaucht wurde, blieb das Papiertuch trocken! Warum? Schreibe deine Vermutung auf!  
(schriftliche Befragung während des Unterrichts nach Durchführung des Versuches)
3. Warum gelingt es nicht, den Luftballon in der Flasche aufzupusten? Schreibe deine Vermutung auf!  
(schriftliche Befragung während des Unterrichts nach Demonstration des Versuches)
4. a) Warum sinkt das „Flaschenteufelchen“, wenn man auf die Flasche drückt? Und warum steigt es wieder nach oben, wenn man die Flasche loslässt? Versuche diese Beobachtungen zu erklären:  
b) Was passiert mit der Luft im „Flaschenteufelchen“, wenn Wasser hineinkommt? Was vermutest du?  
(schriftliche Befragung während des Unterrichts nach Durchführung des Versuches)
5. Du weißt bereits, dass Luft ein gasförmiger Stoff ist, der Eigenschaften besitzt und Platz braucht. Aber wiegt Luft auch etwas? Kreuze deine Vermutung an!  
☐ Ja, Luft wiegt etwas. Luft hat also eine Masse.  
☐ Nein, Luft wiegt nichts. Luft hat also keine Masse.  
(schriftliche Befragung während des Unterrichts)

### **UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände (Wasserkreislauf)“**

1. Was passiert mit dem Pfützenwasser nach dem Regen?  
(schriftlicher Vortest zu Beginn der UE 5 „Wasser und seine Aggregatzustände“)

### **UE 6 „Wasser als Lösungsmittel (Abwasserreinigung)“**

1. Gibt man Salz in ein Glas mit Wasser, dann sieht man es nach einiger Zeit nicht mehr. Was ist mit dem Salz passiert?  
(schriftlicher Vortest zu Beginn der UE 6 „Wasser als Lösungsmittel“)

2. Was ist mit dem Salz passiert? Kreuze alle Antworten an, die deiner Meinung nach richtig sind!
- a) ☐ Das Salz ist für immer weg, also verschwunden.
  - b) ☐ Das Salz ist noch im Wasser, nur unsichtbar.
  - c) ☐ Das Salz ist im Wasser geschmolzen.
  - d) ☐ Das Salz hat sich im Wasser aufgelöst.
  - e) ☐ Das Salz ist zu Wasser geworden, hat sich also in Wasser verwandelt.
  - f) ☐ Das Salz wird nicht zu Wasser, es wird nur immer kleiner bis man es nicht mehr sehen kann.
- (ergänzender Multiple choice – Test nach Frage 1)

### **UE 7 „Stoffumwandlung“**

1. Warum erlischt nach einiger Zeit die Kerzenflamme unter dem Glas?  
(teils schriftliche, teils mündliche Befragung während des Unterrichts)
2. Versucht die Beobachtungen zu dem eben durchgeführten Experiment zu erklären!  
(schriftliche Befragung während des Unterrichts nach folgendem Demonstrationsexperiment: Auf jeweils eine Schale einer Balkenwaage wird ein Streichholz gelegt. Beide Streichhölzer sind gleich schwer. Anschließend wird ein Streichholz herunter genommen, verbrannt und das entstandene Stück Holzkohle erneut auf die Schale der Balkenwaage gelegt. Diese Seite ist nun leichter als die Seite mit dem unverbrannten Streichholz.)
3. Was passiert mit Benzin beim Verbrennen? Kreuze alle richtigen Antworten an!
- a) ☐ Es löst sich in Nichts auf.
  - b) ☐ Es löst sich in Luft auf.
  - c) ☐ Benzin wird verbraucht und wandelt sich mit Luft zu anderen Stoffen um.
  - d) ☐ Es verdampft und geht als gasförmiger Benzindampf in die Luft.
- (schriftlicher Nachtest, ca. 2 Wochen nach Vermittlung der Lerninhalte zum Thema Stoffumwandlung bei der Verbrennung)

### **UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“**

1. Bitte versuche in wenigen Worten zu umschreiben, was du unter Energie verstehst!  
(schriftlicher Vortest zu Beginn der UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“)
2. Manchmal ist es ganz schön schwer zu umschreiben, welche Bedeutung ein Wort hat. Man hilft sich dann damit, dass man Beispiele nennt. Bitte gib Beispiele für Energie an!  
(schriftlicher Vortest zu Beginn der UE 8 „Feuer und Energieumwandlung“)